

**PENGARUH LIMBAH CAIR TAPIOKA TERHADAP PERTUMBUHAN
KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans* Poir.) DENGAN
TEKNIK HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**



SKRIPSI

**Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.)
dalam Ilmu Pendidikan Biologi**

Oleh

**NURUL ULFA
NPM : 1211060053**

Jurusan : Pendidikan Biologi

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1438 H/2017 M**

**PENGARUH LIMBAH CAIR TAPIOKA TERHADAP PERTUMBUHAN
KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans* Poir.) DENGAN
TEKNIK HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG**

Skripsi

**Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.)
dalam Ilmu Pendidikan Biologi**



Pembimbing I : Nurhaida Widiani, M. Biotech.
Pembimbing II : Ovi Prasetya Winandari, M.Si

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1438 H/2017 M**

ABSTRAK

PENGARUH LIMBAH CAIR TAPIOKA TERHADAP PERTUMBUHAN KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans* Poir.) DENGAN TEKNIK HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG

**Oleh :
NURUL ULFA**

Industri tapioka adalah salah satu jenis industri yang menghasilkan limbah cair yang dapat menyebabkan pencemaran apabila tidak dikelola dengan baik. Untuk mengatasi masalah tersebut timbulah gagasan untuk memanfaatkan limbah cair tapioka menjadi produk berupa nutrisi organik bagi tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) dengan teknik penanaman hidroponik sistem rakit apung. Tujuan Penelitian ini adalah mengetahui pengaruh limbah cair tapioka pada pertumbuhan kangkung (*Ipomoea reptans* Poir.) dengan teknik hidroponik rakit apung. Penelitian ini dilaksanakan di Horti Park Lampung. Metode yang digunakan pada penelitian yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan yaitu K1 = (kontrol negatif) hanya air tanpa limbah atau AB-Mix, K2 (kontrol positif) = pemberian nutrisi AB-Mix, K3= pemberian limbah cair tapioka 20%, K4 = pemberian limbah cair tapioka 30%, K5 = pemberian limbah cair tapioka 40%. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, lebar daun, jumlah daun dan berat basah. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis *One Way anava* dengan SPSS versi 17 dengan uji lanjut menggunakan uji LSD. Hasil pengukuran pada parameter yang diamati dan analisis yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap semua parameter. Perlakuan berturut-turut mulai dari yang terbaik sampai terendah yaitu pada perlakuan K2 (kontrol positif), K4 (30%), K5 (40%), K3 (20%) dan K1 (kontrol negatif).

Kata kunci : limbah cair tapioka, kangkung (*Ipomoea reptans* Poir.), hidroponik rakit apung.



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl.Letkol H.Endro Suratmin, Sukarame I, Bandar Lampung 35131 Telp.(0721) 783260 Fax.780422

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **PENGARUH LIMBAH CAIR TAPIOKA TERHADAP
PERTUMBUHAN KANKUNG DARAT (*Ipomoea reptans*
Poir.) DENGAN TEKNIK HIDROPONIK SISTEM RAKIT
APUNG**

Nama Mahasiswa : **NURUL ULFA**
NPM : **1211060053**
Jurusan : **PENDIDIKAN BIOLOGI**
Fakultas : **TARBIYAH DAN KEGURUAN**

MENYETUJUI

Telah dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam sidang munaqosyah
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.

Pembimbing I

Nurhaida Widiyani, M. Biotech.
NIP. 19840519 201101 2 007

Pembimbing II

Ovi Prasetya Winandari, M.SI.
NIP.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi

Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd.
NIP. 19840228 200604 1 004



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl.Letkol H.Endro Suratmin, Sukarama I, Bandar Lampung 35131 Telp.(0721) 783260 Fax.780422

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : **“PENGARUH LIMBAH CAIR TAPIOKA TERHADAP PERTUMBUHAN KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans* Poir.) DENGAN TEKNIK HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG”**. Disusun oleh: **NURUL ULFA, NPM: 1211060053**, Jurusan: **PENDIDIKAN BIOLOGI**, Telah Diujikan Dalam Sidang Munaqasyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Pada Hari/Tanggal : **Senin, 2 Oktober 2017**.

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd. (.....)

Sekretaris : Gres Maretta, M.Si. (.....)

Penguji Utama : Dwijowati Asih Saputri, M.Si. (.....)

Penguji Kedua : Nurhaida Widiani, M.Biotech. (.....)

Penguji Pendamping : Ovi Prasetya Winandari, M.Si. (.....)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd
NIP. 195608101987031001

MOTTO

(13) فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ

Artinya : "Maka nikmat Rabb-mu yang manakah yang kamu dustakan;" – (QS.Ar-Rahman:13)¹



¹ Kementerian Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahnya Majeeda* (Solo:PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri 2013), h. 220

PERSEMBAHAN

Teriring do'a dan rasa syukur kehadiran Allah, penulis persembahkan skripsi ini sebagai ungkapan cinta dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan tempat menyembah dan memohon pertolongan, dan Muhammad Utusan Allah Maha Penyempurna Akhlaq.
2. Ayahanda Bachtiar Tamar dan Ibunda Nasriani yang kuhormati, kusayangi, dan kucintai terimakasih untuk setiap pengorbanan, kesabaran, kasih sayang yang tulus, serta do'a demi keberhasilanku.
3. Kakakku M. Kurniawan Al-Bashir tamar dan adik-adikku Dzakia Azizah Luthfiana dan Fahmi Dzulfikar Hidayatullah yang selalu memberi dukungan kepadaku dengan keceriaan dan kasih sayang.
4. Seluruh pendidik yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan, motivasi, ide-ide dan semangat untuk terus berusaha tanpa kenal lelah dalam menuntut ilmu.
5. Teman tercinta Ayu Okriani, Genada, Yeni, Mae, Tutut, Santi, Isti, Elwinda, dan Rekan-Rekan satu angkatan 2012 yang selalu berjuang bersama dan yang selalu menemaniku dalam suka maupun duka.
6. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung.

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Nurul Ulfa. Lahir di Bandar Lampung, pada tanggal 1 Februari 1994. Putri kedua dari empat bersaudara pasangan bapak Bachtiar Tamar dan ibu Nasriani.

Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Sari Teladan, Bandar Lampung lulus pada tahun 1999, Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Beringin Raya Bandar Lampung lulus pada tahun 2006, Madrasah Tsanawiyah Swasta Diniyyah Putri Lampung lulus pada tahun 2009, dan Madrasah Aliyah Swasta (MAS) Diniyyah Putri Lampung lulus pada tahun 2012. Pada tahun 2012 penulis diterima dan terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung. Pada tahun 2015 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sendang Baru, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) di Sekolah Menengah Akhir Negeri 15 Bandar Lampung.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjan Pendidikan di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.

Penulis mengucapkan terimakasih dari lubuk hati yang paling dalam atas jasa dan masukan-masukan yang telah diberikan dalam penyelesaian skripsi ini, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung dan Pembantu Dekan berserta stafnya yang telah banyak membantu dan memberi kemudahan kepada penulis dalam mengikuti pendidikan.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd., selaku ketua Prodi Pendidikan Biologi yang telah memberi motivasi dan memberi kemudahan kepada penulis dalam mengikuti pendidikan.
3. Ibu Nurhaida Widiani, M. Biotech, selaku pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, fikiran dan nasehat dalam membimbing penulis dengan sabar, arif dan bijaksana.

4. Ibu Ovi Prasetya Winandari, M.SI, selaku pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran dan nasehat dalam membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan perhatian.
5. Seluruh Dosen-dosen Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan ilmu dan wawasan.
6. Staf Pegawai Perpustakaan Pusat dan Tarbiyah yang telah menyediakan dan meminjamkan buku-buku referensi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu - persatu yang telah memberikan bantuan, baik moral maupun material sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.

Semoga bantuan dan amal baik yang diberikan kepada penulis memperoleh pahala berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis berharap semoga Allah memberikan kebermanfaatan serta keberkahan Skripsi ini. Amin.

Bandar Lampung, 1 Agustus 2017

Penulis

Nurul Ulfa
NPM. 1211 06 0053

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	10
C. Batasan Masalah	11
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian	11
F. Kegunaan Penelitian	12
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Puastaka	13
1. Pengertian Limbah	13
2. Limbah Cair Tapioka	14
3. Pengertian Fermentasi	15
4. Tanaman Kangkung Darat	17
a. Klasifikasi Kangkung Darat	17
b. Morfologi Tanaman Kangkung Darat	18
c. Kandungan dan Khasian Tanaman Kangkung	20
5. Hidroponik	21
a. Pengertian Hidroponik	21
b. Sistem Hidroponik Rakit Apung	22
B. Kerangka Berfikir	25
C. Hipotesis	26

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat	27
B. Metode Penelitian	27
C. Variabel Penelitian	28
D. Alat dan Bahan	28
E. Prosedur Penelitian	29
1. Tahap Persiapan	29
2. Penanaman	30
3. Pemeliharaan tanaman	32
G. Teknik Pengumpulan Data	33
E. Teknik Analisis Data	34
F. Alur Kerja Penelitian	35

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	36
1. Analisis Fermentasi Limbah Cair Tapioka	36
2. Pertumbuhan Tanaman Kangkung	36
a. Tinggi Tanaman	37
b. Lebar Daun	38
c. Jumlah Daun	40
c. Berat Basah	42
B. Pembahasan	43
1. Analisis Limbah Cair Tapioka	43
2. Pertumbuhan Tanaman Kangkung	45

BAB V PENUTUP

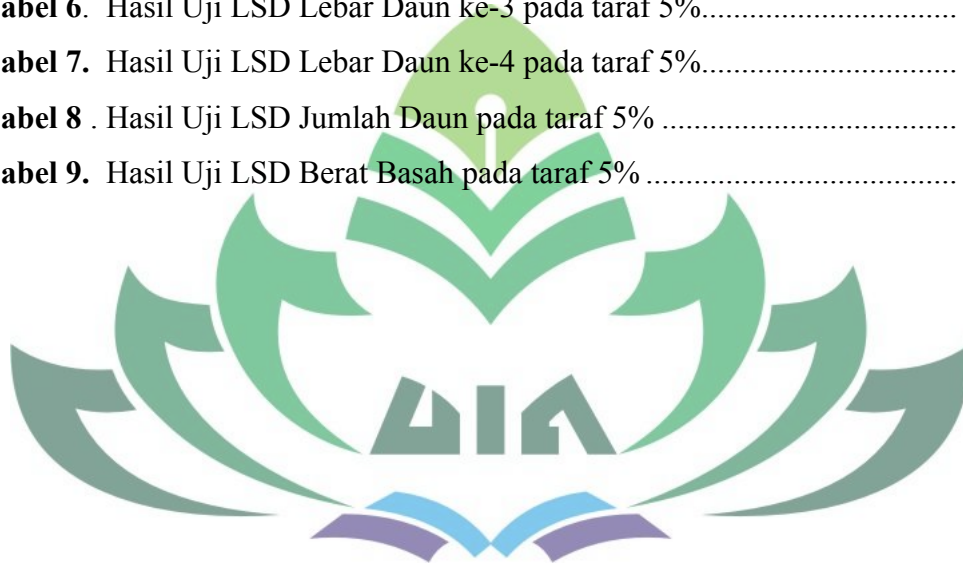
A. Kesimpulan	54
B. Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

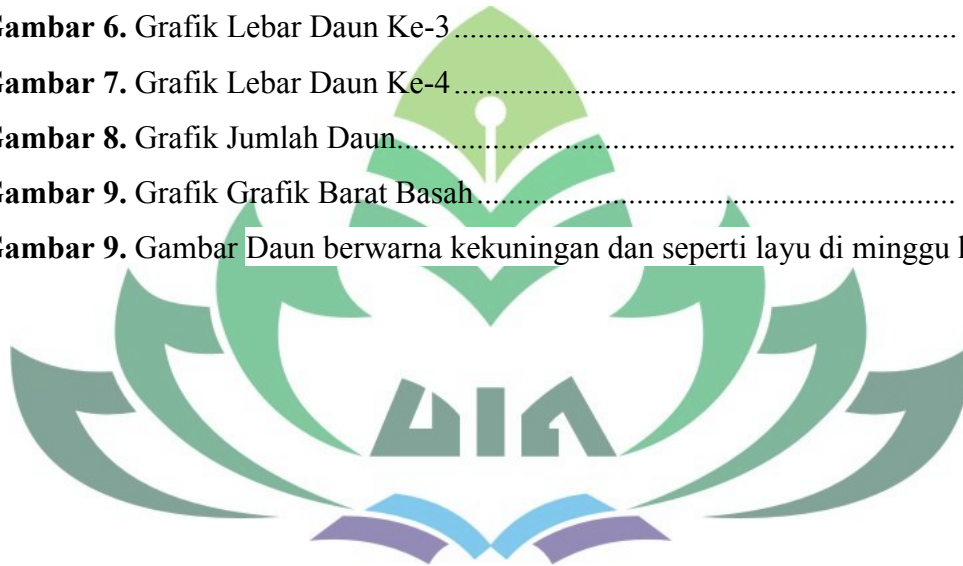
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Limbah Cair Tapioka	3
Tabel 2. Kandungan Gizi Tiap 100gram Tanaman Kangkung Segar	20
Tabel 3. Desain Penelitian.....	28
Tabel 4. Hasil Analisis Kandungan Fermentasi Limbah Cair Tapioka.....	36
Tabel 5. Hasil Uji LSD Tinggi Tanaman pada taraf 5%	38
Tabel 6. Hasil Uji LSD Lebar Daun ke-3 pada taraf 5%.....	39
Tabel 7. Hasil Uji LSD Lebar Daun ke-4 pada taraf 5%.....	40
Tabel 8 . Hasil Uji LSD Jumlah Daun pada taraf 5%	41
Tabel 9. Hasil Uji LSD Berat Basah pada taraf 5%	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Proses Fermentasi	17
Gambar 2. Kangkung darat dalam rangkaian hidroponik sistem rakit apung	18
Gambar 3. Skema Rangkaian hidroponik rakit apung	23
Gambar 4. metode pembuatan rangkaian rakit apung	30
Gambar 5. Grafik Tinggi Tanaman	37
Gambar 6. Grafik Lebar Daun Ke-3	38
Gambar 7. Grafik Lebar Daun Ke-4	38
Gambar 8. Grafik Jumlah Daun	40
Gambar 9. Grafik Grafik Berat Basah	42
Gambar 9. Gambar Daun berwarna kekuningan dan seperti layu di minggu ke-3	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Hasil Rata-Rata Tanaman	56
Lampiran 2. Tabel Hasil Analisis Tanaman.....	62
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	72
Lampiran 4. Desain Penelitian	77
Lampiran 5. Silabus Kegiatan Pembelajaran	78
Lampiran 6. Panduan Praktikum.....	80
Lampiran 7. Lembar Kartu Konsultasi.....	85
Lampiran 7. Surat – Surat.....	86



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara agraris yang mengutamakan hasil pertanian sebagai sumber penghasilan terbesarnya. Hasil pertanian Indonesia digunakan untuk mengejar target ekspor maupun memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia yang semakin meningkat akibat pertambahan penduduk. Pertambahan penduduk yang terus meningkat juga diiringi kebutuhan pangan. Kebutuhan pangan semakin besar, maka kegiatan industri pangan dari hasil pertanian juga semakin berkembang. Kegiatan industri pangan ini juga merupakan salah satu kegiatan ekonomi yang cukup strategis untuk meningkatkan pendapatan dan perekonomian masyarakat.²

Perkembangan di sektor industri juga memberikan dampak negatif. Penurunan luas lahan pertanian di Indonesia akibat sektor industri non-pertanian menyebabkan kegiatan pertanian mengalami kendala dalam penyediaan lahan. Dampak negatif lainnya yaitu, limbah dari proses industri yang bila tidak dikelola dengan baik dan benar akan menyebabkan pencemaran lingkungan baik pencemaran udara, air, dan tanah.³

Salah satu jenis pencemaran yang terjadi pada proses industri pangan adalah pencemaran akibat limbah industri tapioka. Limbah industri tapioka semakin

² Cesaria,et.al, "Pengaruh Penggunaan Starter Terhadap Kualitas Fermentasi Limbah Cair Tapioka Sebagai Alternatif Pupuk Cair". *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. h.9

³ Ibid.

meningkat didasari oleh tingkat konsumsi masyarakat yang tinggi. Faktor lain yang membuat limbah industri tapioka semakin banyak adalah ketersediaan bahan baku berupa ubi kayu relatif mudah didapat. Ubi kayu dibudidayakan hampir di semua provinsi karena cara penanaman dan perawatan yang mudah.

Industri tapioka berkembang cukup pesat dan dapat mengakibatkan pencemaran. Proses produksi tepung tapioka selain menghasilkan produk juga akan menghasilkan limbah berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah hasil industri tapioka tersebut terkadang langsung dibuang ke perairan dan menyebabkan pencemaran pada lingkungan sungai sekitarnya.⁴

Limbah padat hasil industri tapioka sudah banyak diteliti pemanfaatannya dan diupayakan sebagai usaha yang mempunyai nilai ekonomis, yaitu: ongkok (ampas tapioka kering) dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada pembuatan saus, membuat oncom, emping, mie ampas ketela, kue basah, biskuit, pakan ternak, media jamur tiram putih, pupuk, dan pembuatan biogas. Kulit dan tongkol ketela yang kotor dimanfaatkan sebagai bahan bakar batubara merah. Limbah cair tapioka sisa pengendapan tapioka yang masih baru dapat dimanfaatkan sebagai *natta de cassava*. Produk ini belum banyak dijumpai di pasar karena pembuatannya masih sulit dan belum diminati masyarakat luas.

Pengolahan pada industri tapioka membutuhkan banyak air dalam prosesnya. Satu ton ubi kayu membutuhkan air 6-9 m³ untuk memprosesnya hingga menjadi tepung tapioka. Proses yang banyak membutuhkan air tersebut adalah proses

⁴ Rika Nurkemalasari, "Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka Dengan Menggunakan Tumbuhan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)". Jurnal Online Teknik Lingkungan Itenas No.2 Vol.1, 2013, h.2

perendaman dan mengekstrak pati tapioka.⁵ Air sisa produksi tapioka biasanya langsung dibuang sebagai limbah cair industri ke perairan sungai atau dibiarkan pada sebuah kubangan besar. Limbah cair industri tapioka masih belum dimanfaatkan secara optimal. Jika limbah dibuang sembarangan maka berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu lingkungan.

Salah satu kasus pencemaran akibat industri tapioka di Desa Bangun Sari Kecamatan Negeri Katon Kabupaten Pesawaran. Menurut warga sekitar tempat industri tapioka, air limbah yang dihasilkan oleh tepung tapioka tersebut cukup banyak. Air limbah ini mengeluarkan aroma yang tidak sedap. Aroma busuk yang tidak enak akibat pencemaran tersebut disebabkan adanya persenyawaan organik dan anorganik yang mengandung nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein oleh bahan-bahan organik⁶

Kandungan pada limbah cair tapioka adalah sebagai berikut. :

Tabel 1. Kandungan Limbah Cair Tapioka⁷

Kandungan	Jumlah
C-Organik (ppm)	502,22
N-total (ppm)	186,20
P-total (ppm)	16,94
K-total (ppm)	114
C/N	3
PH	3,74

⁵ Sigit K,artasanjaya, et al. “Pengaruh Penerapan Sistem Sirkulasi Air Proses Industri Tapioka pada Produk dan Beban Cemar”. Jurnal Agromedia. Vol. 28, No.2. 2010, h. 38-45.

⁶ Zaitun, “Efektivitas Limbah Industri Tapioka sebagai Pupuk Cair pada tanaman. urusan Budidaya Pertanian”. Jurnal Fakultas Pertanian IPB, Vol VIJ No. 2 Tb, 2001, h. 22

⁷ Ibid h: 24

Limbah cair tapioka banyak mengandung bahan organik seperti pati, serat, protein dan gula. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen pati yang terlarut dalam air. Limbah cair tapioka masih mengandung unsur organik dan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dari nutrisi anorganik yang ramah lingkungan dalam bidang pertanian.

Allah SWT tidak menciptakan alam secara sia-sia. Sumber daya yang tersimpan di alam dapat dimanfaatkan manusia untuk menompang kebutuhan dan kelangsungan hidup. Namun meningkatnya pencemaran lingkungan yang memprihatinkan menunjukkan rendahnya kesadaran masyarakat dan kalangan industri dalam pengelolaan sampah.

Manusia diciptakan Allah SWT sebagai khilafah di bumi untuk mengemban amanah dan bertanggung jawab memakmurkan bumi dan menjaga kelestariannya. Salah satu bentuk tanggung jawab manusia dalam menjaga kelestarian bumi yaitu dengan tidak menyalahgunakan barang atau harta yang masih bisa dimanfaatkan.⁸

Allah berfirman dalam surat al- As-shād ayat 27 :

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَلِكَ ظُنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Artinya : “Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya dengan sia-sia. Maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”

Berdasarkan ayat di atas sumber daya yang berlimpah pada alam ini seharusnya dimanfaatkan dan dikelola dengan mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

⁸ Majelis Ulama Indonesia (MUI), *Pengelolaan Sampah Untuk Mencegah Kerusakan Lingkungan*. Fatwa Majelis Ulama Indonesia No.47, 2015, h.1-3

Menurut Majelis Ulama Indonesia (MUI), tiap muslim wajib menjaga kebersihan lingkungan, memanfaatkan barang-barang yang masih berguna untuk kebaikan serta menghindarkan diri dari berbagai penyakit serta perbuatan *tabdzir* (menyia-nyiakan) dan *israf* (berlebih-lebihan). Membuang sampah sembarangan atau membuang barang yang masih bisa dimanfaatkan untuk kepentingan diri maupun orang lain hukumnya haram.⁹

Pemanfaatan sumber daya alam termasuk limbah hasil pembuangan industri tapioka sebagai penyubur tanaman pertanian demi kebutuhan makan dan minum manusia, menjadi salah satu solusi dari masalah dalam pelestarian lingkungan. Penurunan luas lahan pertanian menjadikan para petani melakukan revolusi terhadap lahan pertanian sayuran yang lebih efisien. Petani mulai meningkatkan penerapan pertanian lahan sempit. Penerapan pertanian lahan sempit ini merupakan teknologi budidaya yang berhasil diadopsi dari negara-negara maju.

Sistem pertanian lahan sempit yang saat ini diterapkan adalah sistem budidaya secara hidroponik. Hidroponik merupakan teknologi bercocok tanam dengan menggunakan air, nutrisi, dan oksigen, serta tidak menggunakan tanah sebagai medianya. Hidroponik dapat menjadi solusi yang baik bagi produksi sayuran. Mengingat konsumsi sayuran semakin meningkat dari tahun ketahun dan lahan pertanian yang semakin menyempit.

Bertanam sayuran dengan sistem hidroponik merupakan solusi pertanian yang sangat potensial untuk dikembangkan di wilayah perkotaan (*urban farming*). Hidroponik merupakan jawaban atas permasalahan lahan, baik penyempitan lahan

⁹ *Ibid.*

maupun permasalahan lahan marginal yang belum dikelola dengan baik. Sayuran yang ditanam pun mempunyai nilai produktif untuk dikonsumsi. Pemanfaatan hasil bertanam hidroponik dapat langsung dirasakan oleh pemilik dan lingkungan sekitarnya.¹⁰

Sistem hidroponik juga berperan sebagai pemberi pengaruh untuk meminimalisir kondisi lingkungan pertanaman yang tidak ideal. Sistem hidroponik dapat mengatur kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban relatif dan intensitas cahaya, bahkan faktor curah hujan dapat dihilangkan sama sekali dan serangan hama penyakit dapat diperkecil. Sistem hidroponik sederhana juga menjadi solusi menghadapi kendala degradasi tanah di lahan pertanian yang semakin berkurang kesuburannya. Hal ini dikarenakan pada sistem hidroponik hara disediakan dalam bentuk larutan hara, mengandung semua unsur hara esensial yang dibutuhkan oleh tanaman agar tercapai pertumbuhan normal.

Ada beberapa macam teknik hidroponik, antara lain adalah teknik genangan atau rakit apung (*floating hydroponic*), aeroponik, hidroponik tetes (*drip system*) dan hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*). Penulis menggunakan teknik hidroponik sistem rakit apung (*floatingraft* atau *water culture*) untuk mengurangi penggunaan lahan yang berlebihan dengan sistem sederhana sehingga dapat diaplikasikan oleh siapa saja.

Pada sistem pertanaman hidroponik dengan rakit apung (*floating raft* atau *water culture*) tanaman diapungkan langsung di atas tandon air menggunakan penyangga berupa busa khusus ataupun *Styrofoam* atau juga penyangga lainnya. Sistem

¹⁰ Safitri, mareta, "Pengaruh pupuk organik cair kulit buah pisang kepok terhadap pertumbuhan kangkung darat", Jurnal Pendidikan Biologi FKIP Unila, 2015, h.iii

hidroponik rakit apung dikenal karena cara menanamnya diapungkan diatas larutan nutrisi. Sebagai alat pengapung biasanya menggunakan *Styrofoam*. Tanaman memanfaatkan akar yang panjang untuk menyerap nutrisi dan oksigen dari air.

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat juga disertai minat konsumsi masyarakat terhadap produk industri pangan yang semakin tinggi. Minat konsumsi ini akan menambah ragam produksi pangan, salah satunya adalah produksi pangan dibagian produk pertanian sayuran.

Indonesia cukup subur termasuk untuk budidaya sayuran. Penurunan luas lahan pertanian di Indonesia akibat pembangunan, menyebabkan kegiatan budidaya pertanian sayuran mengalami kendala dalam penyediaan lahan. Ditambah konsumsi sayuran masyarakat Indonesia terbilang masih sangat rendah. Tingkat konsumsi sayur masyarakat Indonesia masih jauh dari angka ideal yang ditetapkan badan pangan dunia (FAO).

Menurut Dirjen Hortikultura Kementrian Pertanian, bahwa tingkat konsumsi sayuran di Indonesia tahun 2010 sebanyak 35,15 kg/tahun/kapita dan terus meningkat sampai tahun 2014 sebesar 40,16 kg/tahun/kapita. Tingkat konsumsi yang semakin meningkat tersebut masih terbilang rendah menurut angka ideal yang ditetapkan FAO.¹¹ FAO mensyaratkan konsumsi buah dan sayur idealnya 73 kg/kapita/tahun dan standar kecukupan untuk sehat sebesar 91,25 kg/kapita/tahun.¹²

¹¹ Hortikultura pertanian, “Konsumsi per Kapita dalam Rumah Tangga Setahun menurut Hasil Susenas”. https://aplikasi2.pertanian.go.id/konsumsi/tampil_susenas_kom2_th.php, di akses 14 Juli 2016

¹² Ekasari. Nuraini sinaga. “Menumbuhkan Cinta Konsumsi Sayuran”, <http://tabloidsinartani.com/content/read/menumbuhkan-cinta-konsumsi-sayuran/>, di akses 14 Agustus 2016.

Rendahnya konsumsi buah dan sayur selama 4 tahun terakhir (2010 - 2014) disebabkan oleh distribusi buah dan sayur yang tidak merata di pasaran, berkurangnya pasokan dan masih rendahnya kesadaran masyarakat untuk mengkonsumsi buah dan sayur.¹³ Semakin meningkatnya persen kontribusi pertahun, menandakan bahwa kesadaran masyarakat lambat laun mulai terbuka akan pentingnya mengonsumsi sayuran. Hal ini menandakan peluang untuk memproduksi sayuran di Indonesia masih sangat besar.

Sayuran yang umum dikenal di Indonesia dan cocok ditanam dengan sistem hidroponik rakit apung salah satunya adalah tanaman kangkung. Kangkung merupakan komoditas tanaman yang sangat umum dikonsumsi masyarakat Indonesia. Kangkung memiliki rasa yang enak dan tergolong sebagai sayuran daun yang memiliki beragam manfaat. Sayuran ini mengandung vitamin A, C, serat, zat besi dan mineral serta unsur gizi lainnya yang berguna bagi kesehatan tubuh.¹⁴ Konsumen menggunakan daun kangkung baik sebagai bahan pokok maupun sebagai pelengkap masakan tradisional masakan cina dan juga sebagai tanaman obat.

Daya tarik budidaya kangkung juga terdapat pada cara pengelolaan, perawatan yang sederhana dan relatif mudah serta tahan hama. Peluang pemasaran kangkung semakin luas karena tidak hanya dapat dijual dipasar tradisional, tetapi juga banyak dipesan oleh pasar-pasar elit di kota besar seperti swalayan dengan syarat kualitas

¹³ Dirjen Hortikultura, *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Hortikultura 2015 – 2019*, Kementerian Pertanian, <http://hortikultura.pertanian.go.id/>, 2015, h.21

¹⁴ Pradyto Moerhasianto, *Respon Pertumbuhan Tiga Macam Sayuran Pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi Larutan Hidroponik*, Skripsi Pertanian Universitas Jember, 2011, h.5

yang prima sesuai dengan permintaan di pasar elit tersebut. Keuntungan tidak hanya pada petani saja, bahkan hal ini juga dapat sangat mendukung perluasan kesempatan kerja dan wirausaha, pengembangan agribisnis, dan penyediaan pangan bergizi bagi masyarakat. Budidaya kangkung akan memberikan keuntungan secara besar bila dibudidayakan secara intensif.

Petani biasa menggunakan pupuk kimia untuk memenuhi kebutuhan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman kangkung agar mendapatkan pertumbuhan yang maksimal dan cepat, tetapi efek dari penggunaan pupuk kimia ini kurang baik pada kesehatan manusia. Selain itu penggunaan pupuk kimia menjadikan harga kangkung relatif murah dari harga sayuran lainnya.

Untuk meningkatkan nilai tambah, kita dapat melakukan budidaya kangkung darat secara organik dengan menanamnya tanpa tambahan nutrisi kimia. Kangkung dapat ditanam dengan tambahan nutrisi organik karena harga kangkung organik relatif lebih tinggi serta lebih aman.¹⁵ Untuk mensiasati lahan yang sempit maka penanaman kangkung dilakukan dengan teknik hidroponik sederhana.

Pemanfaatan bahan organik dapat menjadi media alternatif sebagai pengganti atau tambahan nutrisi bagi tanaman kangkung pada teknik hidroponik. Salah satu alternatif nutrisi organik bagi sayuran kangkung terdapat pada limbah cair tapioka yang masih mengandung unsur hara dan berguna untuk pertumbuhan tanaman.

¹⁵ Sukardi Alam Genda, “Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Masagri terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir.)”. *Karya Ilmiah agronomi*, 2014, h.1

Penggunaan jenis nutrisi yang berbeda mengharuskan konsentrasi yang digunakan berbeda pula sesuai dengan jenis sayurannya.¹⁶ Berdasarkan pemikiran ini, peneliti merasa perlu melakukan penelitian lebih lanjut tentang respon pertumbuhan kangkung pada berbagai konsentrasi nutrisi yang berbeda dari limbah cair tapioka untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Oleh sebab itu penulis akan melakukan penelitian tentang ”Pengaruh limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) dengan teknik hidroponik rakit apung”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Buangan limbah industri ke lingkungan yang dapat menimbulkan pencemaran.
2. Produksi tepung tapioka yang semakin besar tapi penanggulangan limbah cair sangat minim
3. Pemanfaatan unsur hara limbah cair tapioka masih minim.
4. Lahan yang semakin berkurang sehingga media tanah yang diperlukan untuk budidaya kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) juga berkurang.
5. Tingkat konsumsi sayuran di Indonesia terbilang rendah, padahal sayuran di Indonesia sangat beragam.

¹⁶ Nurrohman, Mudhofi, “Penggunaan Fermentasi Ekstrak Paitan (*Tithonia diversifolia* L.) dan Kotoran kelinci cair sebagai sumber hara pada budidaya sawi (*Brassica juncea* L.) secara hidroponik rakit apung”, Jurnal Produksi Tanaman Vol 2(8), 2014, h.250

C. Pembatasan Masalah

Untuk mempermudah di dalam penelitian dan mencegah terjadinya perluasan masalah serta mempermudah dalam memahami masalah, maka perlu adanya pembatasan sebagai berikut :

1. Limbah yang digunakan dalam teknik hidroponik adalah limbah cair tapioka
2. Membandingkan pertumbuhan kangkung (*Ipomoea reptans* Poir.) menggunakan teknik hidroponik sistem rakit apung antara pemberian nutrisi limbah cair tapioka dengan kangkung yang tidak diberi nutrisi.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan urutan latar belakang diatas, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apakah limbah cair tapioka memberi pengaruh pada pertumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) yang ditumbuhkan dengan teknik hidroponik sistem rakit apung ?.
2. Bagaimana perbandingan antara pertumbuhan kangkung yang diberi perlakuan limbah cair tapioka dengan kangkung yang tidak diberi perlakuan?.

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh limbah cair tapioka pada pertumbuhan kangkung (*Ipomoea reptans* Poir.) dengan teknik hidroponik rakit apung.

2. Mengetahui bagaimana perbandingan antara pertumbuhan kangkung yang diberi perlakuan limbah cair tapioka dengan kangkung yang tidak diberi perlakuan limbah cair tapioka.

F. Kegunaan Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menambah pengalaman dan wawasan pengetahuan tentang pengaruh limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) dengan teknik hidroponik rakit apung.
2. Dapat menambah bahan masukan untuk kepastakaan, referensi, dan sebagai informasi tentang pengaruh limbah cair terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) dengan teknik hidroponik rakit apung.
3. Dapat digunakan sebagai bahan acuan praktikum pengetahuan pembelajaran biologi pada materi pencemaran lingkungan.
4. Dapat memberikan informasi dan acuan untuk melakukan penelitian sejenis dan lebih mendalam tentang limbah cair tapioka dengan variabel yang berbeda.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian Limbah

Limbah merupakan buangan atau sisa yang dihasilkan dari suatu proses atau kegiatan dari industri maupun domestik (rumah tangga) atau sisa suatu usaha dan kegiatan.¹⁷ Berdasarkan dari wujud limbah yang dihasilkan, limbah dibagi tiga yaitu limbah padat, limbah cair, dan gas dengan penjelasan sebagai berikut.

Limbah padat adalah limbah yang berwujud padat. Limbah padat bersifat kering tidak dapat berpindah kecuali ada yang memindahkannya. Limbah padat ini misalnya sisa makanan, sayuran, potongan kayu, sobekan kertas, sampah, plastik, dan logam.

Limbah cair adalah limbah yang berwujud cair. Limbah cair terlarut dalam air, selalu berpindah dan tidak pernah diam. Contoh limbah cair adalah air bekas mencuci pakaian, limbah cair hasil industri tapioka dan industri lainnya, air bekas pencelupan warna pakaian, dan sebagainya.

Limbah gas adalah limbah atau zat buangan yang berwujud gas. Limbah gas dapat dilihat dalam bentuk asap. Limbah gas selalu bergerak sehingga menyebar sangat luas. Contoh limbah gas adalah gas pembuangan kendaraan bermotor,

¹⁷ PPRI NO 101 THN 2014 BAB 1 pasal 1 ayat 2. h.2

pembuatan bahan bakar minyak juga menghasilkan gas buangan berbahaya bagi lingkungan.

2. Limbah Cair Tapioka

Produksi rata-rata ubi kayu di Lampung mencapai 9 juta ton pertahunnya, produksi tersebut didapatkan dari 66 pabrik yang tersebar di beberapa daerah dengan luas lahan ubi kayu yang mencapai 366.830 Ha. Lahan ubi kayu terbesar di Lampung berada di Lampung Tengah dengan luas 121.000 Ha, Lampung Utara 53.994 Ha, dan Lampung Timur 49.000 Ha.¹⁸

Berdasarkan dari data BPS tahun 2014, Lampung telah memproduksi 9,725 juta ton. Hal ini membuktikan bahwa komoditas ubi kayu dapat menyumbang sebesar 34,8% dalam penyediaan pangan nasional, nilai produksi tersebut mengalami peningkatan jika dibandingkan pada tahun 2011 yang memiliki nilai produksi ubi kayu mencapai 9,193 juta ton.¹⁹

Tepung tapioka merupakan salah satu hasil olahan ubi kayu. Dikelola dalam bentuk industri kecil, industri menengah maupun industri besar. Tapioka termasuk salah satu komoditi yang akan terus berkembang. Perkembangan ini tentu saja akan memberikan dampak positif diberbagai bidang yang bisa dirasakan oleh masyarakat luas. Misalnya, meningkatnya kesempatan kerja dan bertambahnya pendapatan masyarakat dan kaum pengusaha. Selain memberi

¹⁸ Harjono.Y. “*Lampung Penghasil Ubi Kayu Terbesar di Tanah Air*”, [Http:// Lampung Penghasil Ubi Kayu Terbesar di Tanah Air Kompas.com](http://LampungPenghasilUbiKayuTerbesardiTanahAirKompas.com), di akses pada 16 Agustus 2016.

¹⁹ Badan Statistik Provinsi Lampung, *Perkembangan Indikator Makro Sosial Ekonomi Provinsi Lampung Triwulan IV Tahun 2014*, Katalog BPS : 9201015.18, 2014, h.16

dampak positif juga menimbulkan dampak negatif yaitu, pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh air buangan dari industri tapioka.

Pada pengolahan pati tapioka dihasilkan limbah padat dan cair. Limbah cair dari proses pembuatan tepung tapioka terdiri dari tiga macam yaitu, air bekas cucian umbi yang mengandung kotoran-kotoran berupa tanah, serpihan kulit dan pati terlarut. Kandungan unsur hara pada limbah cair tapioka dapat dimanfaatkan sebagai alternatif lain bagi nutrisi tanaman dalam bentuk cair karena memiliki kandungan unsur hara $N=186,20 \text{ mg L}^{-1}$, $P=16,94 \text{ mg L}^{-1}$, $K=114 \text{ mg L}^{-1}$, dan $pH=3,74$.²⁰

Limbah cair tapioka juga banyak mengandung bahan organik seperti pati, serat, protein dan gula komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen pati yang terlarut dalam air.²¹ Padatan tersuspensi di dalam limbah cair tapioka cukup tinggi yakni $1.500 - 5.000 \text{ mg L}^{-1}$, BOD $3.000-6.000 \text{ mg L}^{-1}$, COD $7.000-30.000 \text{ mg L}^{-1}$, dan $pH 4$.²²

3. Pengertian Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Produk-produk tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai minuman atau makanan. Fermentasi suatu cara telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno.

²⁰ Zaitun, "Efektivitas Limbah Industri Tapioka sebagai Pupuk Cair pada tanaman. urusan Budidaya Pertanian". *Jurnal Fakultas Pertanian IPB*, Vol VIJ No. 2 Tb, 2001, h.24

²¹ *ibid.*

²² Prayitno. H. T, *Pemisahan Padatan Tersuspensi Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi Membran sebagai Upaya Pemanfaatan dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, Tesis Universitas Diponegoro, Semarang, 2008, h.13-14.

Sebagai suatu proses fermentasi memerlukan:

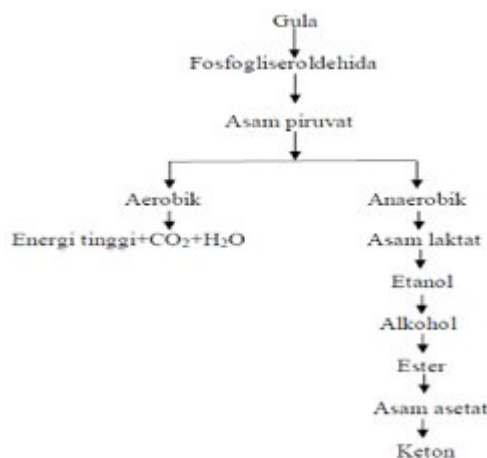
- a. Mikroba sebagai inokulum
- b. Tempat (wadah) untuk menjamin proses fermentasi berlangsung dengan optimal.
- c. Substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba.

Fermentasi dibedakan menjadi dua, fermentasi aerobik dan anaerobik. Fermentasi aerobik adalah fermentasi dimana proses fermentasi tersebut akan membutuhkan oksigen, sedangkan fermentasi anaerobik merupakan fermentasi yang tidak membutuhkan oksigen. Pada fermentasi anaerobik akan menghasilkan asam laktat.

Effective Microorganisme (EM4) merupakan campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan. EM4 akan mempercepat proses fermentasi bahan organik sehingga unsur hara yang terkandung akan mudah terserap. Di dalam EM4 terdapat mikroorganisme yang bersifat fermentasi (peragian) yang terdiri dari empat kelompok mikroorganisme bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp.), jamur fermentasi (*Saccharomyces* sp.), bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.). Mikroorganisme tersebut memanfaatkan senyawa kompleks yang terkandung dalam limbah cair sebagai bahan nutrisi dalam proses metabolisme dirinya sendiri sehingga terbentuknya senyawa yang lebih sederhana yang nantinya dapat langsung di manfaatkan oleh mikroba.²³

²³ Panji Muhammad Maulana *et.al*, "Pemanfaatan Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Em4 Sebagai Alternatif Nutrisi Bagi Mikroalga *Spirulina* sp". Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah Volume 2, Nomor 1: 104-112, 2017,

Urutan proses terjadinya fermentasi dan produk yang dihasilkan dijelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Skema Proses Fermentasi²⁴

4. Tanaman Kangkung Darat

a. Klasifikasi Tanaman Kangkung Darat

Tanaman kangkung darat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisio	: Spermatophyta
Divisio	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliapsida
Sub kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Familia	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomoea</i>
Spesies	: <i>Ipomoea reptans</i> Poir. ²⁵

²⁴Muchlisin riadi, "Pengertian Jenis dan Reaksi Kimia Fermentasi". <http://www.kajianpustaka.com/2016/11/pengertian-jenis-dan-reaksi-kimia-fermentasi.html>, diakses pada 2 November 2016.

²⁵ Wikipedia, *Kangkung*, <https://id.wikipedia.org/wiki/Kangkung> , diakses pada 3 maret 2016.

b. Morfologi Tanaman Kangkung Darat



Gambar 2. Kangkung darat dalam rangkaian hidroponik sistem rakit apung²⁶

Kangkung (*Ipomoea Sp.*) adalah jenis sayuran dari famili Convolvulaceae yang telah lama dikenal. Tanaman kangkung berasal dari India kemudian menyebar ke Malaysia, Burma, Indonesia, China Selatan, Australia, dan sebagian Negara Afrika.²⁷ Kangkung disukai oleh berbagai bangsa maka nama umum tanaman ini bermacam-macam, ada yang menyebutnya *Kangkong* (Philipina), *Phak boong nam* (Thailand), *water convolvulus*, *water spinach*, *liseron d'Eau* (Prancis) dan lain-lain.

Morfologi kangkung darat adalah sebagai berikut :

- a. Akar : *Akar kangkung darat* berwarna putih kekuningan, lunak, rapuh, sedikit kompak, percabanganya banyak, agak menyebar, akar

²⁶ Dzul hilmi, Mengenal Teknik Menanam Hidroponik, <http://suketsawah.blogspot.co.id/>, diakses pada 7 Maret 2017.

²⁷ Saparinto cahyo, *Grow your own Vegetables, Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekarangan*. Lyli Publisher, Yogyakarta, 2013, h.63

tunggang kecil berbentuk benang seperti akar serabut dan sedikit sekali bercabang

b. Batang : Kangkung darat memiliki batang herba (banyak mengandung air), tumbuh menjalar dari buku batang keluar akar, bergetah bening hingga putih seperti air susu, berbentuk bulat berongga, permukaan batang licin, bergetah bening hingga putih keruh, arah tumbuh menjalar, dari buku batang keluar akar.²⁸

c. Daun : berwarna hijau tua, dan permukaan daun bagian bawah berwarna hijau muda. Tersusun atas : tangkai dan helai daun, pulvinus (organ penggerak khusus pada tulang daun) tidak jelas. tunas dan bunga terdapat pada ketiak daun. Daun tunggal atau soliter. Helai daun memanjang, ujung runcing, pangkal berlekuk, tepi rata, pertulangan rata, permukaan licin.

d. Bunga : Selama fase pertumbuhannya tanaman kangkung dapat berbunga, berbuah, dan berbiji. Bentuk bunga kangkung umumnya berbentuk terompet dan daun mahkota bunga berwarna putih atau merah lembayung.²⁹

e. **Buah** (*Fructus*) : Buah bentuk bulat telur, terdapat sisa kelopak, warna buah hitam jika sudah tua dan warna putih-hijau saat muda, permukaan licin. Berfungsi sebagai alat perbanyakan tanaman secara

²⁸ Suratman, “Analisis Keragaman Genus *Ipomoea* Berdasarkan Karakter Morfologi”, Jurnal *BIODIVERSITAS* Vol.1, No.2, 2000, h.74

²⁹ *Ibid*, h.75

generatif. Ovarium (bakal buah) kangkung darat berbentuk bulat telur atau agak kerucut.³⁰

c. Kandungan dan Khasiat Tanaman Kangkung

Kangkung banyak memiliki kandungan gizi yang lengkap seperti dalam data yang diterbitkan oleh Direktorat Gizi DepKes RI.³¹

Tabel 2. Kandungan Gizi Tiap 100g Tanaman Kangkung Segar³²

Zat Gizi	Kandungan Gizi
Kalori	30-44 kal
Protein	2,7-3,6 g
Lemak	0,30 g
Karbohidrat	5,40 g
Vit.A	6300,00 S.I
Vit.B	0,07 mg
Vit.C	32, 00 mg
Ca	mg
P	42 mg
Fe	2,50 mg
Air	89,70 g
Thiamin	0,10 mg
Riboflavin	0,10 mg
Niacin	1,5

Kandungan gizi yang dimiliki kangkung seperti kalsium, seng, selenium, fosfor, besi karoten dan sitosterol serta kaya dengan vitamin A, B1, C dan omega 3 menjadikan kangkung memiliki banyak manfaat.

Manfaat farmakologis kangkung antara lain sebagai anti racun, menghentikan pendarahan, diuretik (pelancar kencing), anti radang, dan

³⁰ Sutarno, *Mudah dan Praktis Budidaya Kangkung*, Villam Media, Jawa Barat, 2016, h.16

³¹ Rahmat Rukmana, *Bertanam Kangkung*, Kanisius, Jakarta, 1994, h.15


³² Sutarno, *Op.Cit.* h.24

sedatif (penenang atau obat tidur), mengurangi haid yang terlalu banyak, mengatasi keracunan makanan, kencing darah, anyang-anyangan (kencing sedikit dan rasanya nyeri), mimisan, sulit tidur atau insomnia, dan wasir berdarah. Sebagai obat luar, untuk mengobati bisul, kapalan, mengatasi gigitan serangga atau lipan, menghilangkan ketombe dan sebagainya.³³

5. Hidroponik

a. Pengertian Hidroponik

Hidroponik berasal dari bahasa Yunani secara harfiah berarti *Hydro* = air, dan *phonic* = daya atau pengerjaan.³⁴ Secara umum berarti sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang berisi larutan yang diperkaya dengan unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.³⁵



Hidroponik adalah cara bertanam yang tidak biasa karena pada umumnya tanaman hanya ditanam diatas tanah, dengan tanah sebagai penyangga tanaman. Namun, hal tersebut tidak terjadi dalam hidroponik, tanah digantikan oleh air.

Keunggulan dari beberapa budidaya dengan menggunakan sistem hidroponik yaitu kepadatan tanaman per satuan luas dapat dapat dilipat gandakan sehingga menghemat penggunaan lahan. Mutu produk seperti bentuk, ukuran, rasa, warna, kebersihan dapat dijamin karena kebutuhan

³³ Dini nuris, *Aneka Daun Berkhasiat Untuk Obat*, GayaMedia, Yogyakarta, 2014, h.76-78

³⁴ Wibowo Hendro, *Panduan Terlengkap Hidroponik*, Flashbook, Yogyakarta, 2015, h.14

³⁵ Rahmat Purwadaksi, *Bertanam hidroponik gak pake masalah*, PT.AgroMedia Putaka, Jakarta, 2015, h.3

nutrient tanaman dipasok secara terkendali di dalam ruangan yang terkontrol. tidak tergantung musim atau waktu tanam dan panen sehingga dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pasar, tanpa penyiraman rutin, wadah dan instalasi dapat dipakai berulang, minim pestisida dan hama, dan dalam bertani dengan hidroponik tidak memakan banyak tenaga.³⁶

Teknik-teknik Hidroponik antara lain: *Nutrien Film Technuqui* (NFT), *Wick System*, *ebb and Flow System*, *Drip Irrigation*, *Aeroponik* dan *Floating system*.³⁷ Media untuk bertanam dengan hidroponik biasanya bebas dari unsur hara (steril). Sementara itu, pasokan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dialirkan ke dalam media tersebut melalui pipa atau disiramkan secara manual. Media tanam tersebut dapat berupa kerikil, pasir, gabus, arang, zeolite atau tanpa media agregat (hanya air). Media tanam tersebut harus bersih dari hama sehingga tidak menumbuhkan jamur atau penyakit lainnya.

b. Sistem Hidroponik Rakit Apung / Floating raft/ Water Culture

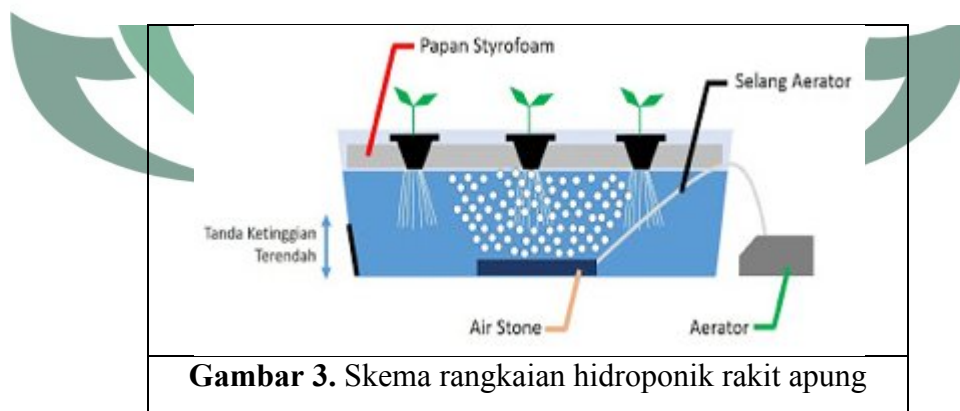
Hidroponik rakit apung dikenal juga dengan istilah *Floating Raft Hydroponic System* atau *Water Culture System* adalah menanam tanaman pada suatu rakit berupa panel tanam yang dapat mengapung di atas permukaan larutan nutrisi dengan akar menjuntai ke dalam air. Metode ini dikembangkan oleh Jensen tahun 1980 di Arizona dan Massantini tahun 1976 di Itali.

³⁶ *Ibid.* h.5-9

³⁷ Agus Heru, *Bertanam Sayuran Hidroponik Ala Pak Tani Hydrofram*, PT.AgroMedia Pustaka, Jakarta, 2014, h.8-12

Sistem rakit apung merupakan sistem pemberian air dengan menggunakan sub irigasi larutan yaitu larutan unsur hara disuplai melalui pompa secara teratur. Sedangkan untuk menopang tinggi tegaknya tanaman digunakan *styrofoam* yang telah dilubangi dengan jarak lubang tertentu untuk jarak tanaman, dan dibantu spon agar akar dapat secara maksimal menyerap unsur hara yang telah tersedia pada air irigasi.³⁸

Hidroponik rakit apung masuk ke dalam kelompok hidroponik larutan diam. Hal ini dikarenakan larutan nutrisi dibiarkan tergenang di dalam wadah tanpa sirkulasi. Sehingga akar terapung dan terendam larutan nutrisi.³⁹ Suplai oksigen ke akar tanaman menggunakan pompa aquarium yang dimasukkan ke dalam bak penampung nutrisi hidroponik.



Gambar 3. Skema rangkaian hidroponik rakit apung

Sistem rakit apung memiliki kelebihan yaitu:

- a) Biaya yang murah dari sistem hidroponik lainnya

³⁸ Nurrohman Mudhofi, "Penggunaan Fermentasi Ekstrak Paitan (*Tithonia diversifolia* L.) dan kotoran kelinci cair sebagai sumber hara pada budidaya Sawi (*Brassica juncea* L.) Secara Hidroponik Rakit Apung". *Jurnal Produksi Tanaman* Vol 2, Nomor 8, 2014, h.650

³⁹ M Subandi, "Pengaruh Berbagai Nilai EC (Electrical Conductivity) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam (*Amarathus* Sp.) Pada Hidroponik Sistem Rakit Apung (Floating Hydroponics System)", *Jurnal Agroteknologi* Volume IX No. 2, 2014, h.138.

- b) Tingkat kesulitan pembuatan dan perawatan yang terbilang mudah
- c) Mudah pembuatan atau perakitannya
- d) Dapat diperbesar sistemnya untuk menanam tanaman yang lebih banyak
- e) Cukup aman jika mati lampu agak lama
- f) Nutrisi yang diperlukan lebih sedikit
- g) Tanaman mendapat asupan oksigen yang banyak.

Sistem ini tidak cocok untuk tanaman besar atau tanaman jangka panjang. Seperti cabai, tomat, melon, dan sebagainya. Tanaman yang dapat di tanam adalah tanaman yang ringan dan siklus hidup yang relatif singkat seperti, sayuran daun, herbs, dan tanaman hias kecil. Akar lebih mudah busuk jika oksigen dalam air kurang, Sangat perlu naungan dan tidak cocok untuk outdoor tanpa naungan karena nutrisi mudah bercampur hujan dan mengakibatkan air hujan menjadi mudah bercampur dengan air nutrisi akibatnya air nutrisi terbuang percuma.

Tanaman tumbuh dengan akar yang konstan 24 jam berada dalam air nutrisi pada wadah. Akar yang langsung melakukan kontak dalam larutan nutrisi, dapat langsung menyerap hara pada air nutrisi dengan instan. Akar yang berada dalam air akar memerlukan oksigen yang terlarut agar masih dapat bernafas. Salah satu cara agar oksigen terlarut pada air (aerasi) terus ada adalah dengan menggunakan aerator.

Walaupun sistem ini seperti sistem *wick*, kecepatan tumbuh tanaman pada sistem ini lebih cepat dibanding *wick*, karena akar langsung melakukan

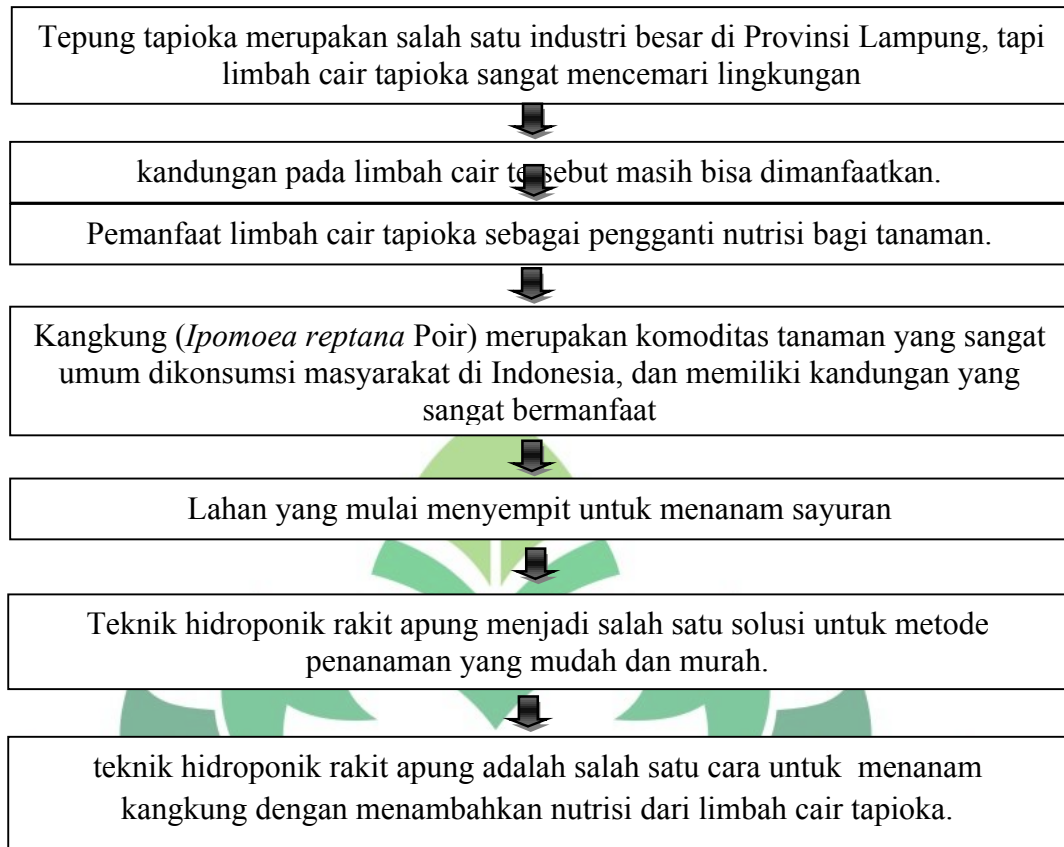
kontak dengan air nutrisi yang diberi aerator sehingga kaya oksigen (aerasi) secara menyeluruh.

Penggunaan aerator mengakibatkan tanaman dapat tumbuh lebih cepat dan tidak mudah layu pada siang hari. Sistem ini walaupun memerlukan listrik, namun cukup toleran jika mati listrik seharian. Hal ini dikarenakan akar tidak mudah kering akibat selalu kontak dengan air dan tanaman tidak langsung mati walau mati listrik lebih dari 3-4 jam.

B. Kerangka Pikir

Pengendalian limbah cair tapioka yang kurang diperhatikan padahal produksi tepung tapioka semakin berkembang mengakibatkan banyaknya lingkungan yang tercemar. Limbah cair yang dihasilkan masih banyak mengandung manfaat bagi masyarakat termasuk dibidang pertanian tanaman kangkung yang sudah lama dikenal dan ditanam oleh masyarakat di Indonesia. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan bibit kangkung darat yang mempunyai bahasa latin *Ipomoea reptana* Poir.

Kerangka pikir dalam penelitian ini adalah:



B. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori yang sudah diuraikan diatas, maka peneliti mengajukan hipotesis sebagai berikut :

H_0 = Tidak ada pengaruh pemberian limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptana* Poir) dengan teknik hidroponik.

H_1 = Adanya pengaruh variasi dosis limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptana* Poir) dengan teknik hidroponik rakit apung.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan di Horti Park Lampung, pada bulan Desember tahun 2016 sampai Januari tahun 2017.

B. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali pengulangan. Unit percobaan nya adalah sebagai berikut:

K1 = perlakuan kontrol negatif (perlakuan hanya menggunakan air)

K2 = perlakuan kontrol positif (menggunakan pupuk hidroponik AB-Mix)

K3 = perlakuan dengan penambahan 20% limbah cair tapioka.

K4 = perlakuan dengan penambahan 30% limbah cair tapioka.

K5 = perlakuan dengan penambahan 40% limbah cair tapioka.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan 20 rangkaian hidroponik sistem rakit apung sebanyak 160 plot. Setiap 1 rangkaian terdiri dari 8 plot dan setiap plot terdapat 1 bibit kangkung.

Adapun desain penelitian sebagai berikut :

Tabel 3 : Desain Penelitian

No	Konsentrasi	Ulangan ke-			
		1	2	3	4
1	K1				
2	K2				
3	K3				
4	K4				
5	K5				

C. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua variabel, variabel bebas dan variabel terikat. Variabel X sebagai variabel bebas adalah limbah cair tapioka. Variabel Y sebagai variabel terikat merupakan pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.).

D. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : drigen air, *net pot*, *rockwool*, kotak *styrofoam* bekas anggur hitam, pisau *cutter*, *solder*, plastik bening ukuran besar, ember, penggaris, alat tulis, aerator dan Ph meter. Bahan yang digunakan meliputi benih kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) merk Panah Merah, EM4, nutrisi hidroponik A-B mix cair dari Trubus, dan limbah cair tapioka di ambil dari perusahaan Semangat Jaya PD Desa : Bangun Sari Kota: Pesawaran Provinsi: Lampung.

E. Prosedur Penelitian

1. Tahap persiapan

a. Fermentasi

Peneliti menyiapkan limbah cair tapioka dan menampungnya pada wadah besar lalu di fermentasi dengan bantuan EM4. Perbandingan pemberian EM4 dengan limbah cair tapioka adalah 1:100 (1%) selama 28 hari. Setelah 28 hari dilakukan penyaringan untuk memisahkan antara padatan dan cairan, upaya kadar partikel dan sisa tepung mengendap dan menghasilkan limbah cair yang lebih bersih.⁴⁰

Langkah selanjutnya adalah menyiapkan limbah cair yang sudah di fermentasi dengan dosis masing-masing yang telah ditentukan. Pada tiap wadah penanaman dengan hidroponik diisi dengan 10 liter air dan konsentrasi larutan, jadi pada tiap perlakuan dosis nya adalah sebagai berikut : perlakuan kotrol negatif (K1) 10 liter air tanpa limbah, perlakuan kontrol positif (K2) : 10 liter air dengan tambahan nutrisi AB-mix, (K3) 20% = 2 liter limbah + 10 liter air, (K4) 30% = 3 liter limbah + 10 liter air, (K5) 40% = 4 liter limbah + 10 liter air.

b. Menyiapkan media tanam

Terlebih dahulu peneliti harus merakit wadah tanaman dengan metode hidroponik rakit apung sebanyak 20 rangkaian (5 rangkaian untuk 4 kali ulangan). Perakitan hidroponik rakit apung pertama-tama adalah memotong

⁴⁰Cesaria, *Op.Cit*, 2013. Hal.10

penutup kotak styrofoam bekas dengan gergaji kecil bagian pinggir hingga membentuk lembaran persegi panjang. Selanjutnya adalah melubangi tutup kotak *styrofoam* bekas dengan bor sebagai sanggahan netpot. Ukuran lubang pada tutup kotak styrofoam disesuaikan dengan diameter alas netpot sebanyak 8 lubang per tyrofoam dengan jarak 15-20 cm. Netpot kemudian di letakan diatas masing-masing lubang lembaran styrofoan yang sudah dilubangi.



Gambar 4 : metode pembuatan rangkaian rakit apung.⁴¹

2. Penanaman

a. Penyemaian

Sebelum tanaman kangkung di pindahkan ke wadah hidroponik, perlu dilakukan penyemaian di media tanam hidroponik (*rockwol*). Hal ini dilakukan agar tanaman kangkung tumbuh dengan rata dan mengurangi resiko kematian.

Pertama benih kangkung direndam dengan air hangat, benih yang mengapung disisihkan dan yang tenggelam diambil sebagai bibit semai.

Tahap selanjutnya yaitu menyiapkan media *rockwol* dengan memotongnya

⁴¹Kebun hidro, “Cara Menanam Hidroponik Sederhana Dengan Sistem Rakit apung (*Water Culture*)” , <http://www.kebunhidro.com/2015/01/cara-menanam-hidroponik-sederhana.html> , diakses pada januari 2015.

dengan ukuran kurang lebih 2 x 2 x 2 cm menggunakan gergaji besi kecil, kemudian melubanginya menggunakan tusuk gigi seukuran benih kangkung yang akan disemai. Benih ditabur pada permukaan balok-balok *rockwool* yang sudah dilubangi dan sudah dibasahi sampai kira-kira tidak ada air yang menetes. Masukkan *rockwool* dalam wadah, simpan di tempat yang aman dari gangguan hewan dan tidak terpapar matahari langsung. Perawatan dan penyiraman dilakukan dengan menggunakan *sprayer* untuk menjaga kelambabanya.

Benih yang baik akan tumbuh setelah tiga sampai lima hari. Setelah dua atau tiga hari masa penyemaian, cek apakah tunas sudah tumbuh. Jika mayoritas sudah tumbuh, pindahkan ke tempat yang terkena sinar matahari. Pemindahan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya etiolasi (batang akan tumbuh lebih cepat namun lemah dan daunnya berukuran kecil, tipis dan berwarna pucat (tidak hijau) yang disebabkan kurangnya cahaya atau tanaman berada di tempat gelap). Pemindahan ke wadah perlakuan dan pengamatan tanaman dilakukan pada hari ke 15 setelah penyemaian.

b. Aplikasi Perlakuan

Masing masing netpot di masukan tanaman kangkung hasil semaian yang siap tanam yaitu berumur sekitar 15 hari setelah penyemaian pada media *rockwool*. Satu netpot diisi 1 *rockwool* berisi tanaman kangkung darat. Pemberian nutrisi pada setiap rangkaian dengan perlakuan yang berbeda-beda sesuai dengan perlakuan. Setiap 1 rangkain terdiri dari bak penampung

nutrisi, *stryrofoam*, dan media tanam. Pemberian larutan limbah cair tapioka pada tanaman kangkung dilakukan setiap hari karna nutrisi terdapat pada larutan limbah cair tapioka. Jika larutan berkurang maka akan ditambahkan lagi sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan sampai batas waktu panen yang sudah ditentukan.

3. Pemeliharaan tanaman

a. Perawatan

Di dalam tahap perawatan yaitu memelihara tanaman agar dapat tumbuh dengan baik dan optimal. Cara yang dilakukan dengan cara pengecekan dan penambahan nutrisi yang teratur. Selain itu penyiangan, penyulaman, serta pengendalian hama dan penyakit.

b. Pengendalian hama/serangga

Pengendalian hama atau serangga dilakukan dengan cara pemberian kawat nyamuk/paranet ditiap sisi tempat penelitian dan dilindungi oleh atap mika bening, hal ini bertujuan supaya hama atau serangga tidak masuk mengganggu tanaman hidroponik dan hujan atau air tidak jatuh dari atas dan merusak tanaman serta dosis larutan limbah.

c. Batas penelitian

Pemanenan kangkung dapat dilakukan ketika umur tanaman sudah berumur 3 minggu setelah penyemaian. Pemanenan kangkung dapat dilakukan dengan cara mencabut sampai akar Panen dilakukan pada sore hari.

F. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan berat basah tanaman kangkung. Dari semua pengamatan atau pengukuran parameter ini akan dilakukan mulai dari awal setelah tanam dimasukkan kedalam *netpot* pada rangkaian hidroponik rakit apung setelah penyemaian. Selanjutnya akan dilakukan 1 minggu sekali pengukuran selama 3 minggu, sampai dengan 4 kali pengukuran, kecuali pada pengukuran berat basah hanya dilakukan 1 kali pengukuran. Parameter yang diamati adalah sebagai berikut :

1. Tinggi Tanaman (cm)

Tinggi tanaman dapat diukur mulai dari tanam kangkung dipindahkan dari media tanam penyemaian ke dalam rangkaian hidroponik sampai masa panen dengan bantuan alat ukur penggaris dari permukaan *rockwool* sampai dengan pangkal tulang daun tertinggi pada tiap individu tanaman. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap 1 minggu sekali selama 3 minggu.

2. Jumlah daun

Jumlah daun dihitung tiap 1 minggu sekali selama 3 minggu. Daun yang dihitung adalah semua daun yang pernah tumbuh kecuali daun tembaga.

3. Lebar daun

Pengukuran lebar daun sama seperti tinggi tanaman, tetapi pada pengukuran lebar daun hanya daun yang terbesar yang akan diukur dengan cara mengukur dari tepi kiri ke tepi kanan atau sebaliknya menggunakan penggaris. Pengukuran

dilakukan 1 minggu sekali. Daun yang diukur adalah helaian ke 3-4 dari bagian bawah.

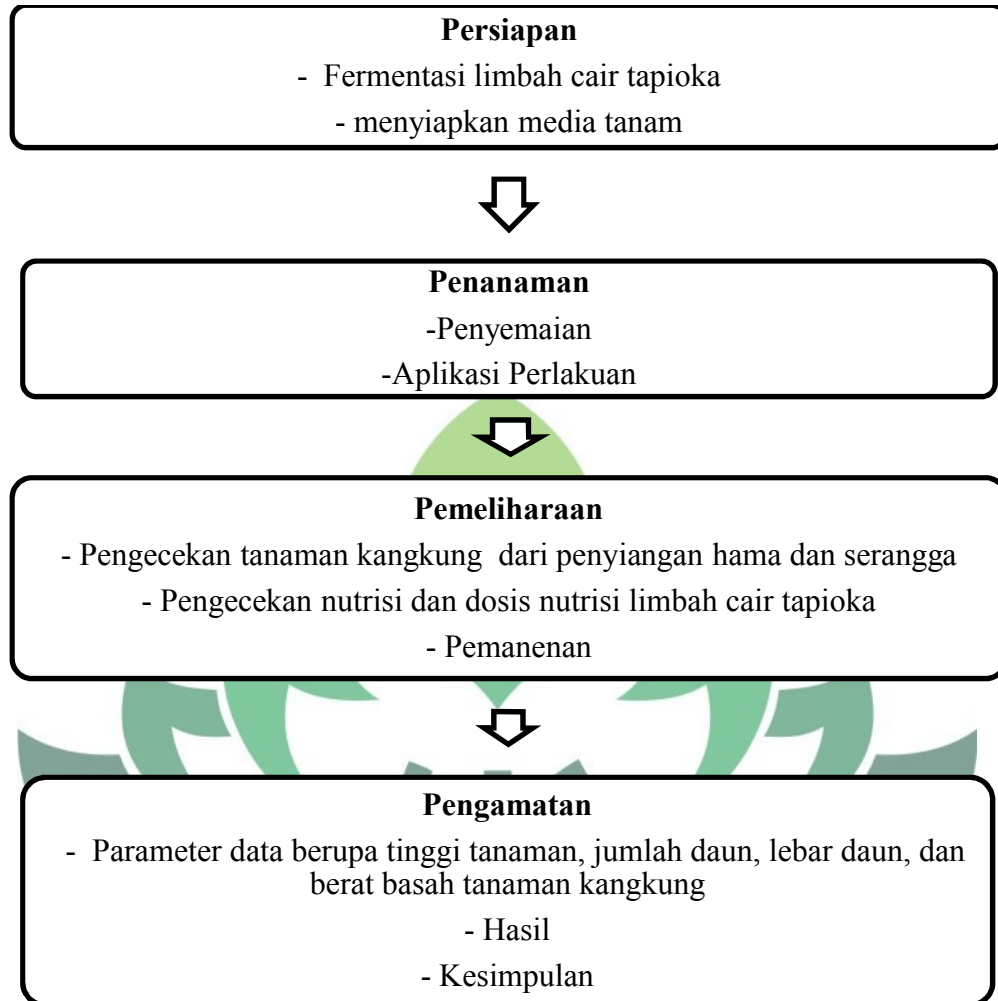
4. Berat Basah

Perhitungan berat basah atau berat segar dihitung setelah masa panen (hanya satu kali). Pemanenan dilakukan dengan cara dicabut beserta akarnya kemudian, semua bagian tanaman kangkung ditimbang.

G. Teknik analisis data

Untuk mengetahui apakah ada respon pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) terhadap pemberian larutan limbah cair tapioka menggunakan teknik penanaman hidropnik rakit apung maka analisis data yang digunakan adalah analisis data kuantitatif. Data yang diperoleh, dianalisis dengan menggunakan ANOVA (Analisis Varian) terhadap data pengamatan dari variabel pertumbuhan yang meliputi : tinggi tanaman, lebar daun, jumlah daun, dan berat basah tanaman. Jika dari analisis terdapat keragaman yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut BNT (*Beda Nyata Terkecil*) pada taraf 5%.

H. Alur Kerja Penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Analisis Fermentasi Limbah Cair Tapioka

Tabel 4. Hasil Analisis Kandungan Fermentasi Limbah Cair Tapioka.

No	Parameter	Satuan	Hasil Penelitian	Metode	SNI PCO
1	N (Total)	%	0,77	Kjeldahl-Spektro	>0,40%
2	PO ₄ -Fosfat	%	1,58	Spektrofotometri	>0,10%
3	Kalium-dd	%	1,25	AAS	>0,20%
5	C-Organik	%	1,65	Walkley-Black	>9,80%
6	pH	-	5,13	Potensiometri	6,8-7,5
7	Magnesium(Mg)	ppm	27,97	AAS	-
8	Kalsium (Ca)	ppm	23,70	AAS	-

Sumber : Laboratorium Analisis Polinela

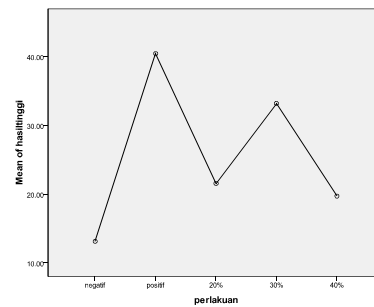
Pada Tabel 4 merupakan hasil analisis jumlah kandungan unsur nutrisi pada limbah tapioka yang dapat diterima oleh tanaman. Namun pada hasil penelitian kandungan unsur P didapatkan bahwa unsur yang terkandung adalah unsur PO₄ dan tidak dapat diserap oleh tumbuhan. Hasil pengukuran pH tanaman juga dinilai asam yaitu berkisar 5,13.

2. Pertumbuhan Tanaman Kangkung

Hasil pengukuran disetiap parameter tanaman setelah diberikan limbah tapioka yang berbeda takarannya yaitu, perlakuan K1= kontrol negatif, K2=kontrol positif, K3=20%, K4=30% dan K5=40% selama 3 minggu. Untuk

menghitung pertumbuhan tanaman kangkung, peneliti menggunakan metode analisis *One Way Anava* dilanjutkan dengan uji LSD taraf 5%. Dari hasil analisis kedua metode tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Tinggi Tanaman



Gambar 5. Grafik Tinggi Tanaman

Gambar 5 menunjukkan grafik perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman kangkung antar perlakuan. Tingkat tertinggi pada penelitian tinggi tanaman adalah perlakuan kontrol positif (K2) yaitu penambahan pupuk kimia hidroponik AB-Mix. Pengaruh penambahan fermentasi limbah cair tapioka tertinggi terdapat pada perlakuan K4 (30% limbah).

Selanjutnya, untuk mengetahui konsentrasi mana yang paling baik atau efektif maka dilanjutkan dengan uji LSD dengan taraf kepercayaan 5%. Tabel uji LSD terlihat pada Tabel 5 :

Tabel 5
Hasil Uji LSD Tinggi Tanaman pada taraf 5%

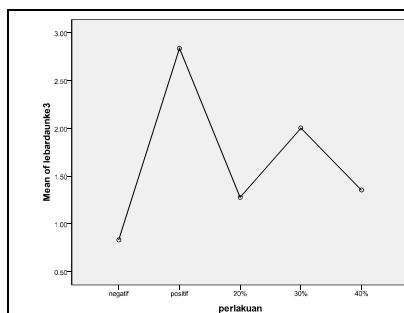
No	Perlakuan	Rata-rata
1	K1	13.12 ^a
2	K2	40.41 ^b
3	K3	21.55 ^c
4	K4	33.19 ^d
5	K5	19.71 ^c

keterangan : perlakuan yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukan berbeda nyata Analisis menggunakan SPSS 17 One Way Anova (Lampiran 1)

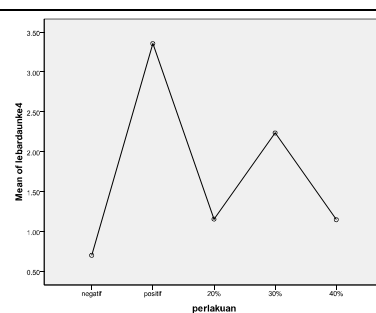
menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap pemberian variasi perlakuan terhadap tinggi pada tanaman kangkung darat. Setiap perlakuan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman kangkung dengan nilai signifikan yaitu, $P=0,313$ ($P>0,05$).

Uji lanjut LSD (Tabel 5) menunjukkan bahwa perlakuan K3 (20% limbah) tidak berbeda nyata dengan K5 (40% limbah). K4 (30% limbah) memberikan pengaruh nyata kepada K1 (kontrol negatif), K2, K3 dan K5 tetapi, perbedaan nyata tidak sebaik K2 (kontrol positif).

b. Lebar Daun



Gambar 6. Grafik Lebar daun ke-3



Gambar 7. Grafik Lebar Daun ke-4

Gambar 6 merupakan grafik yang menunjukkan perbedaan antara perlakuan K1, K2, K3, K4, dan K5. Pemberian takaran yang berbeda pada setiap perlakuan mempengaruhi lebar daun. Pemberian nutrisi AB-Mix pada perlakuan K2 menunjukkan pengaruh terbaik. Perlakuan pemberian limbah K4 memberikan hasil terbaik setelah K2, dilanjutkan dengan perlakuan K3 dan K5. Perlakuan dengan pemberian takaran 0% (K1) menunjukkan pengaruh yang paling rendah.

Gambar 7 merupakan grafik yang menunjukkan perbedaan rata-rata hasil lebar daun ke-4 oleh pengaruh setiap perlakuan K1, K2, K3, K4, dan K5. Grafik pada gambar 7 menunjukkan hasil yang sama pada lebar daun ke-3. Dimana pemberian nutrisi AB-Mix pada perlakuan K2 menunjukkan pengaruh terbaik disetiap perlakuan. Dilanjutkan oleh perlakuan K4 kemudian perlakuan K3 dan K5. Perlakuan K1 menunjukkan pengaruh yang paling rendah.

Selanjutnya dilakukan uji LSD dengan taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui konsentrasi mana yang paling baik atau efektif. Tabel uji LSD terlihat pada Tabel 6 dan 7 :

Tabel 6.
Hasil Uji LSD Lebar Daun Ke-3 pada taraf 5%

No	Perlakuan	Rata-rata
1	K1	0,8 ^a
2	K2	2,8 ^b
3	K3	1,3 ^c
4	K4	2 ^d
5	K5	1,3 ^c

keterangan : perlakuan yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan berbeda nyata

Tabel 7.
Hasil Uji LSD Lebar Daun Ke-4 pada taraf 5%

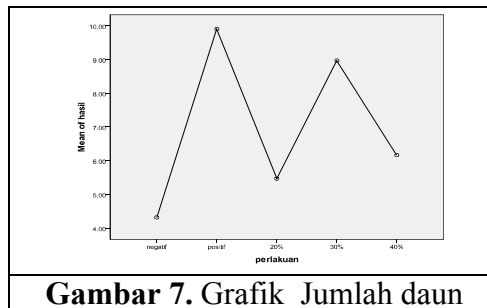
No	Perlakuan	Rata-rata
1	K1	0,7 ^a
2	K2	3,4 ^b
3	K3	1,1 ^c
4	K4	2,2 ^d
5	K5	1,5 ^c

keterangan : perlakuan yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan berbeda nyata

Hasil analisis SPSS 17 *One Way Anova* (Lampiran 2) menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap pemberian variasi perlakuan lebar daun ke-3 dan ke-4 pada tanaman kangkung darat. Pengaruh yang signifikan terhadap daun ke-3 dan ke-4 pada tanaman kangkung memiliki nilai signifikan yang sama yaitu, $P=0,172$ ($P>0,05$).

Hasil uji lanjut LSD (tabel 5 dan tabel 6) pada taraf 5% menyatakan lebar daun ke-3 dan ke-4 memiliki hasil beda nyata yang sama. Analisis menunjukan perlakuan K3 tidak berbeda nyata dengan K5. Perlakuan K4 memberikan pengaruh nyata dengan perlakuan K1, K2, K3, dan K5. Perlakuan kontrol positif K2 memiliki nilai yang paling besar di setiap lebar daun, baik lebar daun ke-3 maupun lebar ke-4.

c. Jumlah Daun



Grafik 4 merupakan hasil pengukuran jumlah daun pada tanaman kangkung dengan perlakuan dosis limbah cair tapioka yang berbeda. Pada grafik 4 menyatakan perlakuan K2 lebih baik dari perlakuan K4 (30%). Perlakuan terendah adalah perlakuan tanpa limbah K1.

Selanjutnya dilakukan uji LSD dengan taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui konsentrasi mana yang paling baik atau efektif. Tabel uji LSD terlihat pada Tabel 8 :

Tabel 8

Hasil Uji LSD Jumlah Daun pada taraf 5%

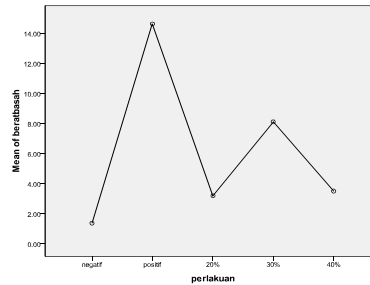
No	Perlakuan	Rata-rata
1	K1	4.31 ^a
2	K2	9.91 ^b
3	K3	5.47 ^{ac}
4	K4	8.97 ^b
5	K5	6.17 ^c

keterangan : perlakuan yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan berbeda nyata

Berdasarkan hasil analisis SPSS 17 *One Way Anova* (Lampiran 3) menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap variasi perlakuan tinggi tanaman kangkung darat. Pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman kangkung yaitu, $P=0,313$ ($P>0,05$).

Tabel 7 merupakan hasil Uji LSD pada analisis jumlah daun. Jumlah daun tertinggi terdapat pada perlakuan K2. Sedangkan rata-rata jumlah daun terendah adalah perlakuan K1. Jumlah daun K2 tidak berbeda nyata dengan K4 artinya, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Perlakuan K1 tidak berbeda nyata dengan K3 dan K3 tidak berbeda nyata dengan K1 dan K5.

d. Berat Basah



Gambar 8. Grafik Berat Basah

Hasil pengukuran berat basah pada grafik 4 tersebut diukur satu kali yaitu saat minggu ke-3 atau saat panen. Pada grafik menunjukkan adanya perbedaan berat basah tanaman kangkung pada tiap perlakuan. Tanaman yang paling berat adalah perlakuan K2 dan paling rendah yaitu perlakuan K1. Sedangkan pengaruh yang paling unggul pada perlakuan dengan pemberian fermentasi limbah cair tapioka yaitu pada perlakuan K4.

Selanjutnya dilakukan uji LSD dengan taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui konsentrasi mana yang paling baik atau efektif. Tabel uji LSD terlihat pada tabel 9 :

Tabel 9.
Hasil Uji LSD Berat Basah pada taraf 5%

No	Perlakuan	Rata-rata
1	K1	1.36 ^a
2	K2	14.62 ^b
3	K3	3.19 ^{ad}
4	K4	8.10 ^c
5	K5	3.49 ^d

keterangan : perlakuan yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan berbeda nyata

Hasil analisis SPSS 17 *one way anova* (Lampiran 4) menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap pemberian terhadap variasi perlakuan berat basah tanaman kangkung darat dengan teknik penanaman hidroponik sistem rakit apung. Pengaruh signifikan terhadap berat basah tanaman kangkung dengan nilai yaitu, $P=0,159$ ($P>0,05$).

Berdasarkan hasil uji LSD (Tabel 8) didapatkan bahwa Perlakuan K2 sebagai kontrol tetap mendominasi hasil penelitian. perlakuan K2 berbeda nyata dengan Perlakuan K1, K3, K4, dan K5. Perlakuan K1 tidak berbeda nyata dengan K3. Perlakuan K3 tidak berbeda nyata dengan K5. K2 merupakan perlakuan yang memiliki bobot terberat dari setiap perlakuan. Perlakuan K4 adalah perlakuan yang memiliki bobot terberat setelah perlakuan K2, sedangkan perlakuan K1 berada di urutan paling akhir untuk bobot basah tanaman.

B. Pembahasan

1. Analisis Limbah Cair Tapioka

Analisis dilakukan berdasarkan hasil fermentasi sebelum dilakukan perlakuan dan penambahan air untuk ditempatkan pada masing-masing wadah hidroponik rakit apung. Berdasarkan hasil fermentasi limbah cair tapioka selama 28 hari didapatkan cairan berwarna coklat, sedikit kental, beraroma busuk namun ada sedikit aroma seperti gula karna tambahan EM4. Melalui analisis fermentasi limbah cair diketahui bahwa kandungan pH limbah tergolong asam yaitu 5,13.

Rendahnya pH limbah disebabkan oleh terbentuknya asam-asam organik selama proses pengendapan. Selain itu sejak awal pengambilan dari pabrik tapioka di Desa Bangun Sari, limbah cair tapioka memang sudah memiliki pH yang rendah.

Sifat limbah berubah menjadi netral saat limbah cair sudah dilarutkan bersama dengan air yang cenderung bersifat netral ataupun basa saat pelaksanaan penelitian dilakukan. Sifat limbah juga bertambah ketika lamanya waktu fermentasi ditingkatkan. Limbah cair tapioka yang memiliki pH asam berubah menjadi 7,2 atau netral pada hari ke-35 fermentasi berlangsung.

Kandungan C-Organik yang dihasilkan dari nutrisi limbah cair tapioka yaitu 1,65%. Berdasarkan standar SNI untuk standar nutrisi pupuk cair organik, nilai kandungan C-Organik dari limbah cair tapioka tergolong rendah. Standar SNI untuk C-organik adalah 9,80-32,00%.⁴²

Kandungan Nitrogen (N) dalam limbah berkisar 0,77%. Berdasarkan standar SNI, kandungan nitrogen yang dihasilkan sudah memenuhi syarat untuk tambahan nutrisi cair (pupuk) bagi tanaman yaitu sebesar $>0.40\%$.⁴³ Pada hasil penelitian pH yang didapat pada limbah cenderung asam. Dalam jurnal Cesaria, pH yang basa menyebabkan kandungan nitrogen turun.⁴⁴ Meningkatnya kandungan nitrogen ini disebabkan oleh pH yang bersifat asam.

⁴² SNI 19-7030-2004

⁴³ *ibid*

⁴⁴ Cesaria, et.al, "Pengaruh Penggunaan Starter Terhadap Kualitas Fermentasi Limbah Cair Tapioka Sebagai Alternatif Pupuk Cair". *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. h.13

Pada limbah cair terdapat kandungan Fosfor (P) yaitu 1,58 persen. Hasil analisis didapatkan unsur PO_4 -Fosfat. Tingginya kandungan fosfor juga dipengaruhi oleh tingginya kandungan Nitrogen, semakin tinggi Nitrogen yang dikandung maka mikroorganisme yang merombak fosfor akan meningkat, sehingga kandungan fosfor akan meningkat.⁴⁵

Kandungan Kalium (K) pada fermentasi limbah cair yaitu berkisar 1,25%. Kandungan unsur K tinggi, disebabkan oleh terbentuknya asam organik selama proses penguraian pada fermentasi limbah cair tapioka.

2. Pertumbuhan Tanaman Kangkung

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kontrol positif mendominasi hasil terbaik disemua parameter, baik parameter tinggi, lebar daun, dan jumlah daun maupun berat basah tanaman kangkung. Hasil terbaik selanjutnya adalah perlakuan dengan fermentasi limbah cair sebanyak 30% (K4) dilanjutkan perlakuan 20% (K3), perlakuan 40% (K5). Perlakuan yang memiliki hasil terendah adalah kontrol negatif (K1). Pada parameter penelitian jumlah daun, perlakuan 30% (K4) mendapatkan hasil dari uji lanjut LSD tidak berbeda nyata dengan kontrol positif.

Sistem hidroponik rakit apung dinilai cocok untuk penanaman tanaman kangkung pada proses penelitian. Selain mudah pengaplikasiannya sistem hidroponik ini, sistem hidroponik rakit apung banyak menyuplai oksigen dan nutrisi dari larutan juga terserap langsung oleh tanaman. Takaran limbah cair dan

⁴⁵ *Ibid.*

pupuk AB-Mix yang tepat memberikan dampak yang baik pula bagi pertumbuhan tanaman.

Semua parameter penelitian didapatkan bahwa perlakuan kontrol positif memiliki tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena pemberian AB-Mix pada K2 memiliki kandungan nutrisi unsur hara lebih lengkap dan sesuai takaran serta unsur yang terkandung dapat diterima oleh tanaman. Larutan nutrisi hidroponik didapatkan berwarna bening sedikit kekuningan dan encer. Hal ini menyebabkan suplai oksigen di dalam air dinilai cukup. Hingga proses respirasi akan lancar dan energi yang dihasilkan akar cukup banyak untuk menyerap hara dalam nutrisi AB-Mix.⁴⁶

Menurut analisis makronutrisi fermentasi limbah cair, didapatkan komposisi unsur hara yang belum sesuai standar SNI. Hal ini menimbulkan dugaan adanya ketersediaan nutrisi mikro yang belum lengkap di dalam fermentasi limbah cair dibandingkan nutrisi AB-Mix. Selain itu jumlah unsur hara tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pada unsur P pada hasil analisis didapatkan unsur makro PO_4 . Berdasarkan referensi Campbell, unsur P yang dapat diserap tumbuhan adalah berupa unsur H_2PO_4^- dan unsur HPO_4^{2-} .⁴⁷ Ketersediaan unsur PO_4 ini juga dapat menyebabkan unsur P tidak dapat terserap oleh tumbuhan dan mengendap di dalam larutan.

⁴⁶ M Subandi, "Pengaruh Berbagai Nilai EC (Electrical Conductivity) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam (*Amaranthus* Sp.) Pada Hidroponik Sistem Rakit Apung (Floating Hydroponics System)", Jurnal Agroteknologi Volume IX No. 2, 2014, h.144

⁴⁷ Campbell et al, *Biologi Edisi ke5-Jilid2*, Erlangga, Jakarta, 2003, h.375

Menurut Sutrisno pemberian nutrisi Hidroponik AB-Mix khusus batang dan daun pada perlakuan kontrol positif atau K2, sudah mengandung semua unsur hara yang dibutuhkan tanaman yang berupa hara makro N, P, K, Mg, Ca serta S maupun hara mikro Fe, Mn, Zn, B, Cu serta Mo. Adapun H, C serta O didapat dari udara serta air.⁴⁸

Perlakuan menggunakan fermentasi limbah cair tapioka berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kangkung pada teknik penanaman hidroponik rakit apung, meskipun perlakuan kontrol positif memiliki nilai pertumbuhan yang paling tinggi. Pengaruh tersebut ditinjau berdasarkan parameter tinggi tanaman, lebar daun, jumlah daun dan berat basah tanaman disetiap perlakuan.

Hasil penelitian pertumbuhan tanaman kangkung dengan cara penanaman sistem hidroponik rakit apung pada perlakuan K4 (30%) memberikan hasil terbaik. Perlakuan K4 memiliki tingkat pertumbuhan terbaik pada perlakuan pemberian limbah karena pengaplikasian limbah yang tepat. Pengurangan kadar limbah pada perlakuan K3 (20%) memberikan dampak pertumbuhan yang lebih rendah dari perlakuan K4 namun lebih baik daripada pertumbuhan dari perlakuan K5 (40%) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol negatif (0%).

Berdasarkan penelitian pengaruh limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat didapatkan bahwa perlakuan 40% (K5), tanaman

⁴⁸ Ari sutrisno, “*Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan EM4 Sebagai Alternatif Nutrisi Hidroponik dan Aplikasinya pada Sawi Hijau (Brassica juncea var. Tosakan)*”. Jurnal lentera bio UNS ISSN : 2252-3929, 2014, h.61

kangkung hanya dapat bertahan hidup selama kurang lebih dua hari pada ulangan ke-2 (U2K5) dan ke-4 (U4K5) dan hanya menyisakan dua sampai tiga tanaman kangkung untuk diteliti. Pada ulangan ke-1 (U1K5) dan ke-3 (U3K5) tanaman terlihat kerdil dan dua sampai tiga tanaman kangkung mati dan membusuk.

Hasil penelitian pada K5 tumbuhan kangkung mati membusuk dan cenderung kerdil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak dosis fermentasi limbah yang diberikan tidak membuat pertumbuhan tanaman kangkung semakin baik. Konsentrasi yang tinggi dalam larutan dapat menyebabkan serapan yang berlebihan dan dapat mengakibatkan ketidak seimbangan hara sehingga dapat mengakibatkan tanaman keracunan dan mati.⁴⁹ Jurnal Anas mengatakan, kurangnya Oksigen di zona perakaran dapat mengurangi kemampuan akar untuk menyerap air dan mineral-mineral dengan jumlah cukup untuk pertumbuhan tanaman.⁵⁰

Tinggi tanaman pada perlakuan K2 (kontrol positif) memberikan hasil yang terbaik dibandingkan dengan perlakuan K1 (0%), K3(20%), K4(30%), dan K5(40%). Tetapi K3 tidak berbeda nyata dengan perlakuan K5. Hal ini disebabkan kurangnya pemberian nutrisi limbah cair tapioka pada perlakuan. Pengaruh lainnya yaitu unsur P pada limbah berupa unsur PO_4 tidak dapat diserap tanaman. Pada perlakuan K1 pertumbuhannya tidak maksimal dan cenderung

⁴⁹ Rini Rosliani, “*Budidaya Tanaman Sayuran Dengan Sistem Hidroponik*”, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Monografi No. 27, ISBN : 979-8403-36-2, 2005, h.5.

⁵⁰ Anas D, “*Pengaruh Volume Dan Jenis Media Tanam pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (Lactuca sativa) dalam Teknologi Hidroponik Sistem Terapung*”, Jjurnal, IPB: Bogor, Bul. Agron. (32) (3) 16 – 21, 2004, h.21

kerdil. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena unsur hara kurang tercukupi, tidak ada unsur hara tambahan selain air dan udara dari *aerator* dalam wadah hidroponik.

Pola pertumbuhan tinggi tanaman berhubungan dengan letak meristem apikal. Meristem apikal sendiri terdapat di ujung akar dan ujung tunas yang menghasilkan pemanjangan bagi sel-sel tumbuhan.⁵¹ Tanaman yang kekurangan unsur hara N dan K akan menurunkan produksi tanaman dan membuat tanaman menjadi kerdil.⁵²

Berdasarkan data lebar daun ke-3 dan ke-4 yang terdapat pada Tabel 6 dan Tabel 7, menunjukan perlakuan K2 memberikan hasil yang terbaik diantara perlakuan yang lain. Perlakuan terbaik selanjutnya adalah K4. Hasil lebar daun terendah terdapat pada perlakuan K1.

Berdasarkan hasil penelitian parameter lebar daun menunjukan bahwa setiap masing-masing penambahan dosis fermentasi limbah cair tapioka dapat mempengaruhi lebar daun tanaman. Unsur hara yang sangat mempengaruhi jumlah dan lebar daun terutama N, P, dan K. Hormon sebagai pengaturan pertumbuhan dan air juga dibutuhkan untuk perkembangan sel jaringan daun.⁵³

Jumlah daun pada perlakuan K2 ($\bar{x} = 9,91$) dan K4 ($\bar{x} = 8,97$) memberikan hasil yang tidak berbeda nyata, hal ini menandakan bahwa jumlah daun antara perlakuan kontrol positif dan perlakuan 30% limbah hampir sama. Dapat

⁵¹ Campbell et al, *Op.Cit.* h.34.

⁵² Franklin.B Salisbury dan Cleon W Rps, *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*, ITB, Bandung, 1995), h.7

⁵³ Benyamin lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*, Rajawali Pers; Jakarta, 2011, h.7

dikatakan pada konsentrasi perlakuan 30% sudah hampir sempurna hanya saja tidak sebaik nutrisi AB-Mix. sebab pada perlakuan dosis limbah 30% memungkinkan untuk siklus oksigen dan udara di dalam aerator pada rangkaian hidroponik berjalan dengan baik.

Keunggulan bertanam kangkung dengan sistem hidroponik rakit apung di dalam *greenhouse* penulis rasakan pada sedikitnya hama dan serangga yang hinggap pada peneltian. Masuknya air hujan juga dapat diminimalisir karena ruangan yang beratap transparan. Daun pada tanaman kangkung yang diberi perlakuan limbah cair tapioka lebih banyak didatangi hama seperti ulat daripada pada kontrol positif (pemberian AB-Mix). Akibatnya permukaan daun tidak utuh karena termakan ulat.

Peneliti mengecek dan membuang hama 3x sehari. Serangga yang hinggap pada tanaman diduga karna limbah cair tapioka merupakan bahan organik sehingga aman untuk serangga hinggap pada tanaman tersebut. Faktor lain adalah faktor eksternal, saat penelitian berlangsung di *greenhouse* peneliti tidak langsung menutup pintu sehingga memungkinkan serangga masuk ke dalam ruangan dan berkembang biak. Purwadaksi menyatakan bahwa hama dan penyakit lebih mudah dikontrol jika melakukan penanaman di *greenhouse*.⁵⁴ Pada kontrol positif tidak banyak ditemukan ulat atau serangga. Hal ini

⁵⁴ Rahmat Purwadaksi, *Bertanam hidroponik gak pake masalah*, PT.AgroMedia Putaka, Jakarta, 2015, h.29

kemungkinan karena nutrisi AB-Mix merupakan pupuk anorganik dan memiliki unsur kimia lebih banyak dibandingkan limbah cair tapioka.

Pada tanaman kangkung warna daun di perlakuan K1, K3, K4 dan K5 dari minggu ke-1, ke-2 menuju minggu ke-3 saat pemanenan menunjukkan perubahan. Warna daun bagian atas atau bagian daun berubah menjadi hijau kekuningan, seperti akan layu (Gambar 2). Pada perlakuan K3 juga tampak bagian daun batang mengering dan layu. Hal ini kemungkinan karna kandungan unsur N (Nitrogen) berkurang dan unsur K (Kalium) dalam larutan limbah pada hidroponik meningkat. Kekurangan unsur hara N menyebabkan *Klorosis* (berwarna kuning pada daun muda).⁵⁵



Gambar 9. Warna daun kekuningan dan seperti layu di minggu ke-3

K2 memiliki berat yg lebih baik dibanding perlakuan lainnya. Hal ini dianggap wajar karna dari tinggi tanaman, jumlah daun dan ukuran lebar daunnya sudah berbeda dari yang lainnya. Perlakuan K4 (30%) memiliki bobot basah terberat setelah K2 dan yang terendah adalah kontrol negatif K1. Pada K2 tanaman lebih hijau dan lebih cepat pertumbuhannya dibandingkan perlakuan lainnya.

⁵⁵ Mulyani sutejo, *Pupuk dan Cara Pemupukan* , Jakarta, 2002, h.23

Seiring berjalannya waktu penelitian, larutan di dalam rangkaian hidroponik rakit apung berubah menjadi basa. Pada minggu pertama saat memulai penelitian pH tergolong basa. Pada K1 ($\bar{x}=8.3$) dan K2 ($\bar{x}=7,35$). Pada K3, K4 dan K5 pH larutan dalam rangkaian hidroponik cenderung asam ((K3 $\bar{x}=5,9$), K4 ($\bar{x}=5,4$), dan K5 ($\bar{x}=5,2$)). Namun, pada pengukuran sampai minggu pemanenan larutan cenderung menjadi basa dengan rata-rata pH 8.

Hal ini diduga karena adanya proses fotosintesis dan respirasi tanaman. Selain itu media tanam pada sistem hidroponik berupa *rockwool* juga berpengaruh pada pH basa larutan. Baru-baru ini peneliti mengetahui bahwa *rockwool* memiliki pH yang cukup tinggi (basa/alkalin).

Kebanyakan tanaman menghendaki pH yang sedikit asam atau netral. Namun yang terjadi di lapangan pH larutan nutrisi cenderung basa. Karena pH yang cenderung basa ini mengakibatkan kandungan unsur hara menurun. Sehingga tanaman kangkung memiliki pertumbuhan yang kurang optimal. Sehingga tanaman kangkung K4 memiliki pertumbuhan yang kurang optimal dibandingkan K2.⁵⁶

Dalam Jurnal Prita dikatakan bahwa pH berpengaruh pada ketersediaan unsur hara pada media tumbuh. PH terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mengakibatkan beberapa unsur mengendap sehingga tidak dapat terserap baik

⁵⁶ M. Subandi, Pengaruh Berbagai Nilai EC Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam *Amaratus sp.) Pada Hidroponik sistem rakit Apung (Floating Hydroponics System), UIN Sunan Gunung Jati ,Bandung, 2015, Vol IX No.2, H.146

oleh akar dan akibatnya tanaman mengalami defisiensi unsur hara terkait. Jika ketersediaan unsur hara esensial kurang dari jumlah yang dibutuhkan tanaman, maka tanaman akan terganggu metabolismenya. Secara visual metabolisme terganggu dapat terlihat dari penyimpangan pada pertumbuhannya.⁵⁷

PH yang asam sangat berpengaruh terhadap ketersediaan unsur N dan P.⁵⁸ Menurut jurnal Subandi mengatakan bahwa, akibat kadar N yang menurun maka kadar P juga berpengaruh. Karena berkurangnya nitrogen maka multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfor juga akan berkurang.⁵⁹ Akibat unsur P dan N yang berkurang, unsur K dalam larutan limbah pada hidroponik menjadi berlebih.

Kelebihan unsur K juga menyebabkan penyerapan Ca dan Mg terganggu dan penyerapan kedua unsur tersebut menjadi rendah. Ada sifat antagonisme antar K dan Ca dan juga antara K dan Mg. Sifat antagonisme ini menyebabkan kekalahan salah satu unsur untuk diserap tanaman jika komposisinya tidak seimbang. Unsur K diserap lebih cepat oleh tanaman dibandingkan Ca dan Mg.⁶⁰ Akibatnya pertumbuhan tanaman terhambat sehingga tanaman mengalami defisiensi. Tumbuhan tumbuh tidak maksimal, pada awalnya daun tampak mengerut, kemudian tepi daun menguning, tampak bercak kotor berwarna coklat kemudian daun mati.⁶¹ Hal ini sesuai dengan kasus pada tahap penelitian.

⁵⁷ Fatma Prita Adelia, “Pengaruh Penambahan Unsur Hara mikro (Fe dan Cu) dalam Media Paitan Cair dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung”. Jurnal universitas Brawijaya, Vol.1 No.3, Malang, 2013, h.56.

⁵⁸ M. Subandi *Op.Cit*, h.146

⁵⁹ Cesaria *Op.Cit*, h.13

⁶⁰ Prita Fatma Adelia, *Op Cit* . H.55-56

⁶¹ *ibid*

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perlakuan menggunakan fermentasi limbah cair tapioka berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptas* Poir.) pada teknik penanaman hidroponik rakit apung. Akan tetapi perlakuan dengan menggunakan fermentasi limbah cair tapioka tidak lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol positif
2. K2 (Kontrol Positif) memiliki hasil tertinggi disetiap parameter pengamatan (tinggi tanaman, lebar daun, dan berat basah). Perlakuan terbaik berturut-turut adalah K2, K4 (perlakuan 30%), K5 (perlakuan 40%), K3 (perlakuan 20%), dan K1 (kontrol negatif). Pada parameter pengamatan jumlah daun K4 tidak berbeda nyata dengan perlakuan K2.

B. Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan terutama mengenai pengaruh nutrisi limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat.
2. Perlu penelitian yang lebih intensif untuk mengetahui faktor yang paling dominan menyebabkan pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea*

reptas Poir.) lebih maksimal dengan teknik penanaman hidroponik sistem Rakit apung.

3. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian pada pengukuran terhadap pH air saat penelitian berlangsung, karena pH juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman.

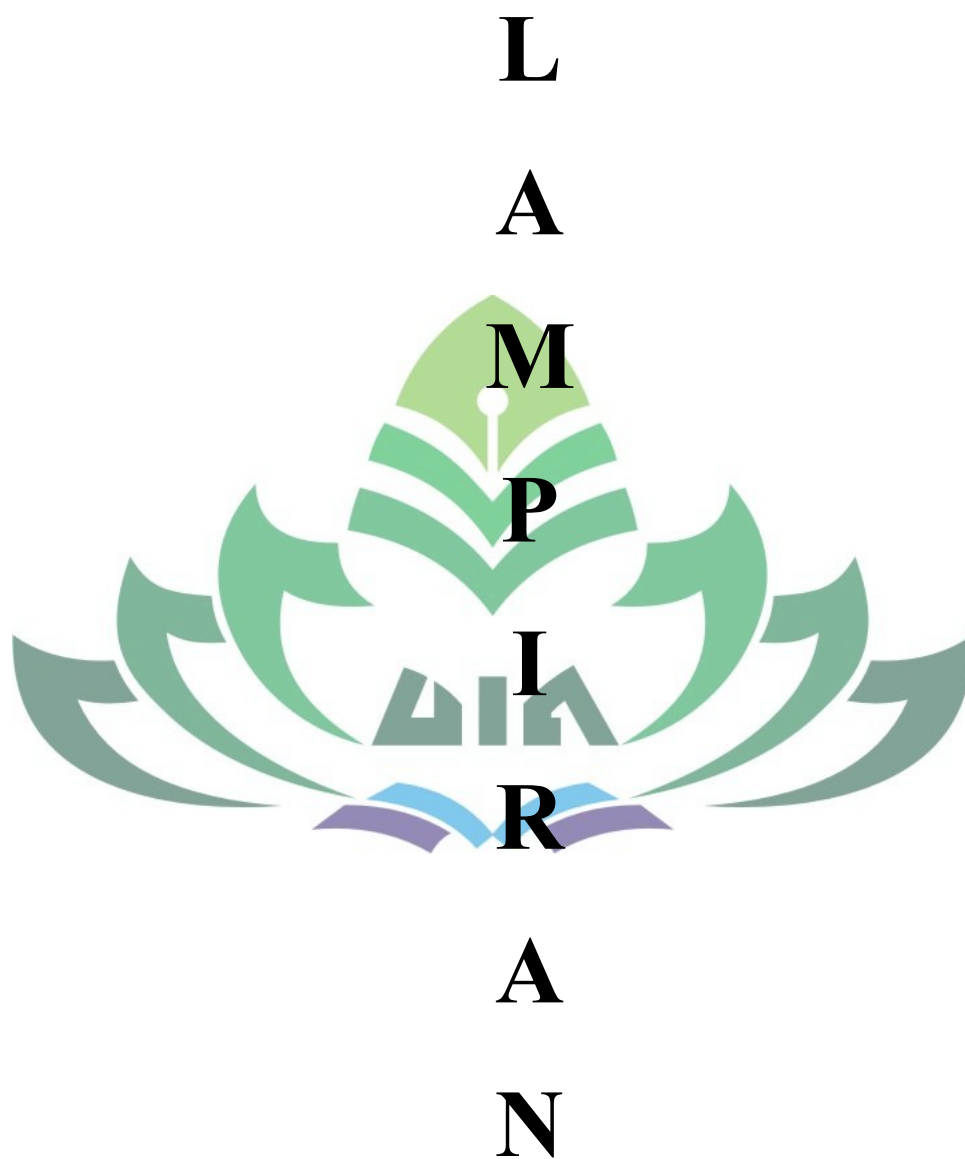


DAFTAR PUSTAKA

- Agus Heru, *Bertanam Sayuran Hidroponik Ala Pak Tani Hydrofram*, Jakarta; Agromedia Pustaka. 2014
- Alam, Sukardi Genda, Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Masagri terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir.), *Karya Ilmiah agronomi*, 2014
- Badan Statistik, *Perkembangan Indikator Makro Sosial Ekonomi Provinsi Lampung Triwulan IV Tahun 2014*, Katalog BPS : 9201015.18, Lampung: Badan Statistik Provinsi Lampung. 2014
- BPS ID, on-line, *Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi (ton), 1993-2015*, tersedia di : [Http:// www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/880](http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/880). 2015
- Cahyo Saparinto, *Grow your own Vegetables Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekarangan*, Yogyakarta ; Lyli Pubisher. 2013
- Campbell et al, *Biologi Edisi ke5-Jilid2*, Jakarta; Erlangga. 2003
- Cesaria, et al, Pengaruh Penggunaan Starter terhadap Kualitas Fermentasi Limbah Cair Tapioka Sebagai Alternatif Pupuk Cair. *Jurnal Sumber Daya Alam*. 1 (2) : 8-14, Malang. 2013.
- D Anas, Pengaruh Volume Dan Jenis Media Tanam pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) dalam Tegnologi Hidroponik Sistem Terapung, *Jurnal Bul. Agron.* (32) (3) 16 - 21), Bogor; IPB. 2004
- Dirjen Hortikultura, *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Hortikultura 2015 – 2019*, Kementian Pertanian, <http://hortikultura.pertanian.go.id/>, 2015, h.21
- Gropatas, On-Line, *Hidroponik Rakit Apung - Sederhana Tetapi Cocok Untuk Skala Besar*, tersedia di : <http://taman-berkebun.blogspot.co.id/2015/08/prinsip-hidroponik-rakit-apung.html>. 2015
- H Prayitno T, Pemisahan Padatan Tersuspensi Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi Membran sebagai Upaya Pemanfaatan dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan – Studi Kasus di Sidomukti, Kec. Margoyoso, Kab. Pati, Jawa Tengah. *Tesis*, Semarang; Universitas Diponegoro. 2008.

- Hendro Wibowo, *Panduan Terlengkap Hidroponik*, Yogyakarta: Flashbook. 2015.
- Hortikultura Pertanian, On-line, *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Hortikultura 2015 -2019*, tersedia di: <http://hortikultura.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2015/06/Bab-III.pdf>.
- Kartansanjaya, T. H. Endang, dan Karyadi, Pengaruh Penerapan Sistem Sirkulasi Air Proses Industri Tapioka pada Produk dan Beban Cemar, *Jurnal Agromedia*. 2 : 38-45.2010
- Lakitan Benyamin, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*, Jakarta; Rajawali Pers. 2011
- Majelis Ulama Indonesia (MUI), Pengelolaan Sampah Untuk Mencegah Kerusakan Lingkungan. *Fatwa Majelis Ulama Indonesia No.47*. 2015
- Mareta Safitri, Pengaruh Pupuk Organic Cair Kulit Buah Pisang Kepok Terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat , *Jurnal Pendidikan Biologi FKIP*, Lampung; Universitas Lampung. 2015
- Muchlisin riadi, Online, *Pengertian Jenis dan Reaksi Kimia Fermentasi*, <http://www.kajianpustaka.com/2016/11/pengertian-jenis-dan-reaksi-kimia-fermentasi.html>. 2016.
- Muhammad, Panji Maulana *et.al*, Pemanfaatan Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Em4 Sebagai Alternatif Nutrisi Bagi Mikroalga *Spirulina sp.* *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah* Volume 2, Nomor 1: 104-112, Aceh; Unsyiah Kuala. 2017
- Mulyani sutejo, *Pupuk dan Cara Pemupukan* , Jakarta, 2002
- Nuraini, Ekasari. sinaga, Online, Menumbuhkan Cinta Konsumsi Sayuran, Hortikultura Komoditi, <http://tabloidsinartani.com/content/read/menumbuhkan-cinta-konsumsi-sayuran/>, 2015
- Nuris Dini, *Aneka Daun Berkhasiat Untuk Obat*, Yogyakarta: GayaMedia.2014
- Nurrohman Mudhofi, Penggunaan Fermentasi Ekstrak Paitan (*Tithonia diversifolia L.*) dan kotoran kelinci cair sebagai sumber hara pada budidaya Sawi (*Brassica juncea L.*) Secara Hidroponik Rakit Apung, *Jurnal Produksi Tanaman* Volume 2, Nomor 8 hlm. 649 – 657. 2014,
- PPRI NO 101 THN 2014 BAB 1 pasal 1 ayat 2.
- Pradyto Moerhasrianto, Respon Pertumbuhan Tiga Macam sayuran Pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi Larutan Hidroponik, *Skripsi Fakultas Pertanian*, Jawa Timur: Universitas Jeber. 2011

- Prita Fatma Adelia, Pengaruh Penambahan Unsur Hara mikro (Fe dan Cu) dalam Media Paitan Cair dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuha dan Hasil Bayam Merah dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung, *Jurnal Universitas Brawijaya* Vol.1 No.3, Malang; UNBRAW. 2013
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementrian Pertanian, *OUTLOOK Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan Ubi Kayu*, ISSN : 1907-1507. 2015
- Rahmat Purwadaksi, *Bertanam Hidroponik Gak Pake Masalah*, Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka. 2015
- Rika Nurkemalasari, Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka Dengan Menggunakan Tumbuhan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Online Teknik Lingkungan Itenas* No.2 Vol.1. 2013
- Roslani Rini, 2005, Budidaya Tanaman Sayuran Dengan Sistem Hidroponik, Monografi No. 27, *Jurnal ISBN : 979-8403-36-2*, Bandung; Balai Penelitian Tanaman Sayuran,. 2005
- Rukmana Rahmat, *Bertanam Kangkung*, Jakarta ; Kanisius. 1994
- Salisbury, Franklin.B dan Cleon W Rpss, *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*, Bandung : ITB,. 1995
- SNI 19-7030-2004
- Subandi M, Pengaruh Berbagai Nilai EC (*Electrical Conductivity*) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam (*Amarathus Sp.*) Pada Hidroponik Sistem Rakit Apung (*Floating Hydroponics System*), *Jurnal Agroteknologi* Volume IX No. 2. 2014
- Suratman, Analisis Keragaman Genus *Ipomoea* Berdasarkan Karakter Morfologi, *Jurnal BIODIVERSITAS* Vol.1, No.2. 2000
- Sutarno, *Mudah dan Praktis Budidaya Kangkung*, Jawa Barat ; Villam Media. 2016
- Sutrisno Ari, Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan EM\$ Sebagai Alternatif Nutrisi Hidroponik dan Aplikasinya pada Sawi Hijau (*Brassica juncea* var. *Tosakan*), *Jurnal Lentera Bio UNS*, ISSN : 2252-3929 : Surabaya. 2014
- Zaitun, Efektivitas Limbah Industri Tapioka sebagai Pupuk Cair pada tanaman. urusan Budidaya Pertanian, *Jurnal Fakultas Pertanian IPB Vol VIJ No. 2 Tb*, Bogor: IPB. 2001,



LAMPIRAN 1. DATA HASIL RATA-RATA TANAMAN

A. Tinggi Tanaman

No	perlakuan	Rata-rata			
		Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
1	U1K1	8,89	10,17	10,50	10,77
2	U2K1	6,74	12,16	13,11	12,93
3	U3K1	8,41	12,60	12,89	13,11
4	U4K1	10,45	13,04	14,90	15,69
5	U1K2	8,53	22,24	35,76	39,76
6	U2K2	7,20	21,40	34,20	38,40
7	U3K2	8,68	23,54	35,81	42,11
8	U4K2	9,51	20,99	35,86	41,38
9	U1K3	9,30	12,29	14,69	18,05
10	U2K3	7,28	16,30	20,88	21,86
11	U3K3	9,00	13,44	17,25	20,31
12	U4K3	9,09	15,53	23,10	25,98
13	U1K4	9,48	13,04	20,60	30,04
14	U2K4	8,89	16,28	27,15	34,45
15	U3K4	9,31	16,29	31,54	38,3
16	U4K4	8,38	12,38	24,53	29,85
17	U1K5	8,79	12,39	16,81	25,45
18	U2K5	8,23	9,15	10,95	20,13
19	U3K5	9,09	11,89	13,93	16,85
20	U4K5	9,21	10,40	12,73	16,10

B. Rata-Rata Lebar Daun

1. Lebar Daun ke-3

No	Perlakuan	Rata-rata			
		Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
1	U1K1	0,00	0,50	0,53	0,64
2	U2K1	0,20	0,93	0,76	0,81
3	U3K1	0,30	0,62	0,66	0,84
4	U4K1	0,50	0,74	0,86	1,03
5	U1K2	0,00	1,76	2,34	3,14
6	U2K2	0,00	1,41	1,93	2,55
7	U3K2	0,00	1,68	2,24	2,85
8	U4K2	0,50	1,44	2,11	2,80
9	U1K3	0,00	0,70	0,87	0,85
10	U2K3	0,25	0,97	1,13	1,43
11	U3K3	0,00	0,81	1,09	1,10
12	U4K3	0,00	1,14	1,33	1,73
13	U1K4	0,00	0,74	1,10	2,01
14	U2K4	0,00	1,00	1,61	2,13
15	U3K4	0,00	0,93	1,53	1,99
16	U4K4	0,00	0,66	1,29	1,88
17	U1K5	0,00	0,79	1,04	1,59
18	U2K5	0,00	0,73	0,75	1,38
19	U3K5	0,00	0,71	0,76	0,91
20	U4K5	0,40	0,53	0,73	1,53

2. Lebar Daun ke-4

No	Perlakuan	Rata-rata			
		Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
1	U1K1	0,00	0,40	0,46	0,52
2	U2K1	0,00	0,45	0,50	0,56
3	U3K1	0,00	0,60	0,66	0,90
4	U4K1	0,00	0,57	0,63	0,83
5	U1K2	0,00	1,49	2,36	3,35
6	U2K2	0,00	1,50	2,21	2,99
7	U3K2	0,00	1,74	2,38	3,48
8	U4K2	0,00	1,71	2,39	3,61
9	U1K3	0,00	0,70	0,86	0,95
10	U2K3	0,00	1,04	1,13	1,10
11	U3K3	0,00	0,60	1,06	1,24
12	U4K3	0,00	1,24	1,64	1,33
13	U1K4	0,00	0,67	1,23	2,06
14	U2K4	0,00	1,10	1,74	2,43
15	U3K4	0,00	1,01	1,96	2,38
16	U4K4	0,00	0,90	1,43	2,08
17	U1K5	0,00	0,29	1,09	1,71
18	U2K5	0,00	0,00	0,67	1,40
19	U3K5	0,00	0,63	0,71	0,99
20	U4K5	0,00	0,40	0,70	1,50

C. Jumlah Daun

No	Perlakuan	Rata-rata			
		Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
1	U1K1	1,88	3,43	3,38	3,63
2	U2K1	1,75	3,50	3,88	4,00
3	U3K1	1,88	3,75	4,00	3,75
4	U4K1	2,00	3,75	4,25	4,88
5	U1K2	1,63	5,25	8,00	8,38
6	U2K2	1,50	5,75	8,25	10,00
7	U3K2	1,67	5,38	8,63	11,00
8	U4K2	2,00	5,38	8,38	10,25
9	U1K3	1,63	3,50	4,25	5,25
10	U2K3	2,00	4,00	4,35	5,00
11	U3K3	1,50	3,63	5,13	6,50
12	U4K3	1,88	4,50	5,50	6,25
13	U1K4	1,43	3,88	5,88	8,75
14	U2K4	1,50	4,38	7,13	9,25
15	U3K4	1,57	4,38	7,50	9,38
16	U4K4	1,13	3,38	6,63	8,50
17	U1K5	1,67	3,25	4,63	7,00
18	U2K5	1,57	4,00	4,50	6,75
19	U3K5	1,43	3,38	4,00	5,25
20	U4K5	1,75	4,00	4,33	5,67

D. Berat Basah Tanaman

No	Perlakuan	Rata-rata
1	U1K1	1,05
2	U2K1	1,35
3	U3K1	1,39
4	U4K1	1,65
5	U1K2	13,78
6	U2K2	14,08
7	U3K2	17,43
8	U4K2	13,19
9	U1K3	2,21
10	U2K3	2,89
11	U3K3	2,45
12	U4K3	5,20
13	U1K4	7,73
14	U2K4	8,67
15	U3K4	8,83
16	U4K4	7,16
17	U1K5	5,13
18	U2K5	3,37
19	U3K5	2,23
20	U4K5	3,25

E. PH Tanaman

No	Perlakuan	Rata-rata			
		Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
1	U1K1	8	8,11	8,38	8,43
2	U2K1	8,5	8,7	8,73	8,85
3	U3K1	8,6	8,66	8,7	8,4
4	U4K1	8,1	8,37	8,47	8,6
5	U1K2	7,8	8,21	8,6	7,76
6	U2K2	7,8	8,19	8,5	8,1
7	U3K2	7,7	8,21	8,65	8
8	U4K2	6,1	8,4	8,45	7,4
9	U1K3	4,9	8,62	7,58	8,9
10	U2K3	6,6	8,7	8,76	8,9
11	U3K3	4,9	8,63	7,88	8,89
12	U4K3	7,3	8,62	7,76	8,86
13	U1K4	6,2	7,63	7,9	8,34
14	U2K4	6,7	7,6	7,5	8,16
15	U3K4	6,4	7,5	7,62	8,2
16	U4K4	6,3	8,45	8,52	8,6
17	U1K5	5	7,79	7,18	8,43
18	U2K5	5,6	7,4	7,4	8,53
19	U3K5	5,3	6,75	7,81	8,6
20	U4K5	4,8	7,24	7,38	8,8

LAMPIRAN 2. Hasil Analisis Uji One Way Anova dan LSD

A. Hasil Analisis Tinggi Tanaman

Uji Normalitas

perlakuan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
hasiltinggi Negatif	.253	4	.	.957	4	.758
Positif	.220	4	.	.958	4	.768
20%	.213	4	.	.972	4	.855
30%	.280	4	.	.877	4	.326
40%	.253	4	.	.876	4	.321

a. Lilliefors Significance Correction



Descriptif

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
negatif	4	13.1250	2.01358	1.00679	9.9209	16.3291	10.77	15.69
positif	4	40.4125	1.66268	.83134	37.7668	43.0582	38.40	42.11
20%	4	21.5500	3.34209	1.67104	16.2320	26.8680	18.05	25.98
30%	4	33.1950	4.09178	2.04589	26.6841	39.7059	29.85	38.44
40%	4	19.7075	4.17371	2.08686	13.0662	26.3488	16.40	25.45
Total	20	25.5980	10.49268	2.34623	20.6873	30.5087	10.77	42.11

Uji Homogenitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.305	4	15	.313

ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1935.375	4	483.844	46.389	.000
Within Groups	156.453	15	10.430		
Total	2091.829	19			

Uji LSD

Multiple Comparisons

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
negatif	Positif	-27.28750*	2.28366	.000	-32.1550	-22.4200
	20%	-8.42500*	2.28366	.002	-13.2925	-3.5575
	30%	-20.07000*	2.28366	.000	-24.9375	-15.2025
	40%	-6.58250*	2.28366	.011	-11.4500	-1.7150
positif	Negatif	27.28750*	2.28366	.000	22.4200	32.1550
	20%	18.86250*	2.28366	.000	13.9950	23.7300
	30%	7.21750*	2.28366	.006	2.3500	12.0850
	40%	20.70500*	2.28366	.000	15.8375	25.5725
20%	Negatif	8.42500*	2.28366	.002	3.5575	13.2925
	Positif	-18.86250*	2.28366	.000	-23.7300	-13.9950
	30%	-11.64500*	2.28366	.000	-16.5125	-6.7775
	40%	1.84250	2.28366	.432	-3.0250	6.7100
30%	Negatif	20.07000*	2.28366	.000	15.2025	24.9375
	Positif	-7.21750*	2.28366	.006	-12.0850	-2.3500
	20%	11.64500*	2.28366	.000	6.7775	16.5125
	40%	13.48750*	2.28366	.000	8.6200	18.3550
40%	Negatif	6.58250*	2.28366	.011	1.7150	11.4500
	Positif	-20.70500*	2.28366	.000	-25.5725	-15.8375
	20%	-1.84250	2.28366	.432	-6.7100	3.0250
	30%	-13.48750*	2.28366	.000	-18.3550	-8.6200

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

B. Hasil Analisis Lebar Daun

1. Lebar Daun ke-3

Uji Normalitas

perlakuan	Statistic	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		df	Sig.		Statistic	df	Sig.
lebardaunke3 negatif	.225	4	.		.973	4	.861
positif	.225	4	.		.975	4	.870
20%	.178	4	.		.984	4	.925
30%	.221	4	.		.975	4	.870
40%	.286	4	.		.852	4	.232

a. Lilliefors Significance Correction



Descriptif

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
negatif	4	.8300	.15979	.07990	.5757	1.0843	.64	1.03
positif	4	2.8350	.24201	.12100	2.4499	3.2201	2.55	3.14
20%	4	1.2775	.38396	.19198	.6665	1.8885	.85	1.73
30%	4	2.0025	.10243	.05121	1.8395	2.1655	1.88	2.13
40%	4	1.3525	.30794	.15397	.8625	1.8425	.91	1.59
Total	20	1.6595	.75118	.16797	1.3079	2.0111	.64	3.14

Uji Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.849	4	15	.172

ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.711	4	2.428	36.036	.000
Within Groups	1.011	15	.067		
Total	10.721	19			

UJI LSD

Multiple Comparisons

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
negatif	positif	-2.00500*	.18353	.000	-2.3962	-1.6138
	20%	-.44750*	.18353	.028	-.8387	-.0563
	30%	-1.17250*	.18353	.000	-1.5637	-.7813
	40%	-.52250*	.18353	.012	-.9137	-.1313
positif	negatif	2.00500*	.18353	.000	1.6138	2.3962
	20%	1.55750*	.18353	.000	1.1663	1.9487
	30%	.83250*	.18353	.000	.4413	1.2237
	40%	1.48250*	.18353	.000	1.0913	1.8737
20%	negatif	.44750*	.18353	.028	.0563	.8387
	positif	-1.55750*	.18353	.000	-1.9487	-1.1663
	30%	-.72500*	.18353	.001	-1.1162	-.3338
	40%	-.07500	.18353	.689	-.4662	.3162
30%	negatif	1.17250*	.18353	.000	.7813	1.5637
	positif	-.83250*	.18353	.000	-1.2237	-.4413
	20%	.72500*	.18353	.001	.3338	1.1162
	40%	.65000*	.18353	.003	.2588	1.0412
40%	negatif	.52250*	.18353	.012	.1313	.9137
	positif	-1.48250*	.18353	.000	-1.8737	-1.0913
	20%	.07500	.18353	.689	-.3162	.4662
	30%	-.65000*	.18353	.003	-1.0412	-.2588

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

2. Lebar Daun ke-4

Uji Normalitas

perlakuan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
lebardaunke4 negatif	.273	4	.	.860	4	.262
positif	.239	4	.	.937	4	.638
20%	.195	4	.	.976	4	.878
30%	.291	4	.	.814	4	.130
40%	.252	4	.	.924	4	.560

a. Lilliefors Significance Correction



Descriptif

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
negatif	4	.7025	.19050	.09525	.3994	1.0056	.52	.90
positif	4	3.3575	.26700	.13350	2.9326	3.7824	2.99	3.61
20%	4	1.1550	.16623	.08312	.8905	1.4195	.95	1.33
30%	4	2.2375	.19466	.09733	1.9278	2.5472	2.06	2.43
40%	4	1.1500	.36706	.18353	.5659	1.7341	.71	1.50
Total	20	1.7205	1.01146	.22617	1.2471	2.1939	.52	3.61

Uji Homogenitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.852	4	15	.172

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.515	4	4.629	75.179	.000
Within Groups	.924	15	.062		
Total	19.438	19			

Uji LSD

Multiple Comparisons

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
negatif	positif	-2.65500*	.17545	.000	-3.0290	-2.2810
	20%	-.45250*	.17545	.021	-.8265	-.0785
	30%	-1.53500*	.17545	.000	-1.9090	-1.1610
	40%	-.44750*	.17545	.022	-.8215	-.0735
positif	negatif	2.65500*	.17545	.000	2.2810	3.0290
	20%	2.20250*	.17545	.000	1.8285	2.5765
	30%	1.12000*	.17545	.000	.7460	1.4940
	40%	2.20750*	.17545	.000	1.8335	2.5815
20%	negatif	.45250*	.17545	.021	.0785	.8265
	positif	-2.20250*	.17545	.000	-2.5765	-1.8285
	30%	-1.08250*	.17545	.000	-1.4565	-.7085
	40%	.00500	.17545	.978	-.3690	.3790
30%	negatif	1.53500*	.17545	.000	1.1610	1.9090
	positif	-1.12000*	.17545	.000	-1.4940	-.7460
	20%	1.08250*	.17545	.000	.7085	1.4565
	40%	1.08750*	.17545	.000	.7135	1.4615
40%	negatif	.44750*	.17545	.022	.0735	.8215
	positif	-2.20750*	.17545	.000	-2.5815	-1.8335
	20%	-.00500	.17545	.978	-.3790	.3690
	30%	-1.08750*	.17545	.000	-1.4615	-.7135

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

C. Hasil Analisis Jumlah Daun

Uji Normalitas

perlakuan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil negatif	.204	4	.	.980	4	.900
positif	.283	4	.	.929	4	.589
20%	.260	4	.	.891	4	.386
30%	.250	4	.	.918	4	.523
40%	.256	4	.	.901	4	.434

a. Lilliefors Significance Correction

Descriptif

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
negatif	4	4.3150	.56181	.28091	3.4210	5.2090	3.63	5.00
positif	4	9.9075	1.10343	.55172	8.1517	11.6633	8.38	11.00
20%	4	5.4700	1.10239	.55120	3.7158	7.2242	4.00	6.38
30%	4	8.9700	.41465	.20732	8.3102	9.6298	8.50	9.38
40%	4	6.1675	.84097	.42048	4.8293	7.5057	5.25	7.00
Total	20	6.9660	2.30754	.51598	5.8860	8.0460	3.63	11.00

Uji Homogenitas of Varian

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.209	4	15	.348

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	90.287	4	22.572	31.111	.000
Within Groups	10.883	15	.726		
Total	101.170	19			

Uji LSD**Multiple Comparisons**

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Negatif	positif	-5.59250*	.60230	.000	-6.8763	-4.3087
	20%	-1.15500	.60230	.074	-2.4388	.1288
	30%	-4.65500*	.60230	.000	-5.9388	-3.3712
	40%	-1.85250*	.60230	.008	-3.1363	-.5687
Positif	negatif	5.59250*	.60230	.000	4.3087	6.8763
	20%	4.43750*	.60230	.000	3.1537	5.7213
	30%	.93750	.60230	.140	-.3463	2.2213
	40%	3.74000*	.60230	.000	2.4562	5.0238
20%	negatif	1.15500	.60230	.074	-.1288	2.4388
	positif	-4.43750*	.60230	.000	-5.7213	-3.1537
	30%	-3.50000*	.60230	.000	-4.7838	-2.2162
	40%	-.69750	.60230	.265	-1.9813	.5863
30%	negatif	4.65500*	.60230	.000	3.3712	5.9388
	positif	-.93750	.60230	.140	-2.2213	.3463
	20%	3.50000*	.60230	.000	2.2162	4.7838
	40%	2.80250*	.60230	.000	1.5187	4.0863
40%	negatif	1.85250*	.60230	.008	.5687	3.1363
	positif	-3.74000*	.60230	.000	-5.0238	-2.4562
	20%	.69750	.60230	.265	-.5863	1.9813
	30%	-2.80250*	.60230	.000	-4.0863	-1.5187

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D. Hasil Analisis Berat Basah

Uji Normalitas

perlakuan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
beratbasah negatif	.234	4	.	.969	4	.835
positif	.361	4	.	.803	4	.108
20%	.336	4	.	.803	4	.108
30%	.265	4	.	.905	4	.459
40%	.291	4	.	.932	4	.605

a. Lilliefors Significance Correction

Descriptif

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
negatif	4	1.3600	.24576	.12288	.9689	1.7511	1.05	1.65
positif	4	14.6200	1.90947	.95473	11.5816	17.6584	13.19	17.43
20%	4	3.1875	1.37090	.68545	1.0061	5.3689	2.21	5.20
30%	4	8.0975	.79126	.39563	6.8384	9.3566	7.16	8.83
40%	4	3.4950	1.20403	.60202	1.5791	5.4109	2.23	5.13
Total	20	6.1520	5.02728	1.12413	3.7992	8.5048	1.05	17.43

Uji Homogenitas of Varian

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.920	4	15	.159

ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	457.213	4	114.303	74.595	.000
Within Groups	22.985	15	1.532		
Total	480.198	19			

Uji LSD**Multiple Comparisons**

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
negatif	positif	-13.26000*	.87531	.000	-15.1257	-11.3943
	20%	-1.82750	.87531	.054	-3.6932	.0382
	30%	-6.73750*	.87531	.000	-8.6032	-4.8718
	40%	-2.13500*	.87531	.028	-4.0007	-.2693
positif	negatif	13.26000*	.87531	.000	11.3943	15.1257
	20%	11.43250*	.87531	.000	9.5668	13.2982
	30%	6.52250*	.87531	.000	4.6568	8.3882
	40%	11.12500*	.87531	.000	9.2593	12.9907
20%	negatif	1.82750	.87531	.054	-.0382	3.6932
	positif	-11.43250*	.87531	.000	-13.2982	-9.5668
	30%	-4.91000*	.87531	.000	-6.7757	-3.0443
	40%	-.30750	.87531	.730	-2.1732	1.5582
30%	negatif	6.73750*	.87531	.000	4.8718	8.6032
	positif	-6.52250*	.87531	.000	-8.3882	-4.6568
	20%	4.91000*	.87531	.000	3.0443	6.7757
	40%	4.60250*	.87531	.000	2.7368	6.4682
40%	negatif	2.13500*	.87531	.028	.2693	4.0007
	positif	-11.12500*	.87531	.000	-12.9907	-9.2593
	20%	.30750	.87531	.730	-1.5582	2.1732
	30%	-4.60250*	.87531	.000	-6.4682	-2.7368

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

LAMPIRAN 3. DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN



Aerator



Rockwol



Net pot



selang kecil bening



Styrofoam bekas anggur



Timbangan digital



gelas ukur



pH meter



Mesin bor



nampan



gergaji besi



Air stone



ember



jrigen air



Alat tulis, lakban, gunting/cutter



plastik bening besar



Bibit kangkung



EM4



AB-Mix



Air



limbah cair tapioka



Pengambilan limbah dipabrik



persiapan alat dab bahan



Limbah dimasukkan kedalam drigen



Penambahan EM4



Hasil fermentasi limbah cair tapioka setelah 28 hari



Pemotongan rockwool



melubangi rockwool



Memasukan bibit dalam media tanam



tanaman setelah 4 hari



Kangkung setelah 10 hari



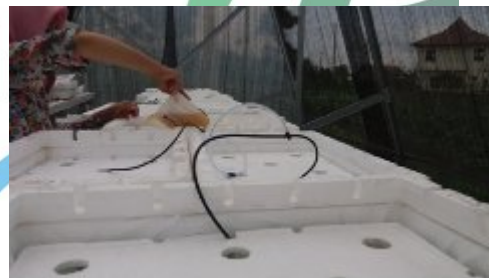
Memotong plastik untuk alas wadah



merakit hidroponik rakit apung dan mengisi nya dengan air 10 L/wadah



menaruh netpot kedalam lubang wadah



memasukan limbah sesuai perlakuan



Tampak tanaman setelah 3 minggu dan pengambilan perlakuan dari plot



Proses pembersihan tanaman dari media tanam



Sampel berat basah K1



Sampel berat basah K2



Sampel berat basah K3



sampel berat basah K4

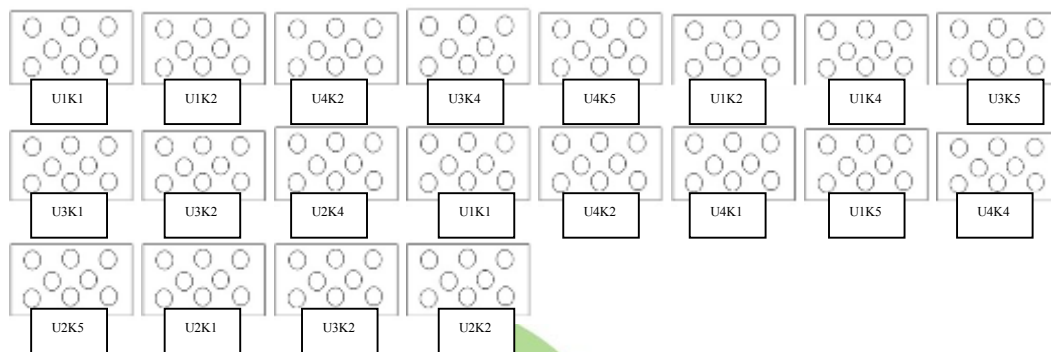


Sampel berat basah K5



pengukuran tinggi tanaman dan lebar daun

LAMPIRAN 4. Desain Penelitian



KETERANGAN :

Un (1-4) = Ulangan

Kn (1-5) = Perlakuan

*jarak antar tanaman 15-20 cm



LAMPIRAN 6. PANDUAN PRAKTIKUM

Pengaruh Limbah Cair Tapioka Terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.) Dengan Teknik Hidroponik Sistem Rakit Apung.

Tingkat Status Pendidikan : Sekolah Menengah Atas (SMA)
 Mata Pelajaran : Biologi
 Kelas/Semester : XII (Dua Belas)/ I
 Alokasi : 2 x 45 Menit
 Standar Kompetensi :Melakukan percobaan pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman

A. MATERI

a. Hidroponik

Hidroponik (*Hydro* = air, dan *phonic* = daya/pengerjaan). Secara umum berarti sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang berisi larutan yang di per kaya dengan unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu teknik hidroponik adalah hidroponik rakit apung.

Hidroponik rakit apung (*Floating Raft Hidroponic System / water culture System*) adalah menanam tanaman pada suatu rakit berupa panel tanam yang dapat mengapung di atas permukaan larutan nutrisi dengan akar menjuntai kedalam air. Sistem rakit apung merupakan sistem pemberian air dengan menggunakan sub irigasi larutan yaitu larutan unsur hara disuplai melalui pompa secara teratur. Sedangkan untuk menopang tinggi tegaknya tanaman digunakan *styrofoam* yang telah dilubangi dengan jarak lubang tertentu untuk jarak tanaman,

dan dibantu spon agar akar dapat secara maksimal menyerap unsur hara yang telah tersedia pada air irigasi.

b. Pertumbuhan tanaman

Pertumbuhan adalah proses pertambahan volume yang *irreversible* (tidak dapat balik) karena adanya pembesaran sel dan pertumbuhan jumlah sel atau pembelahan sel (pembelahan mitosis) atau keduanya. Pertumbuhan pada tumbuhan dapat dinyatakan secara kuantitatif karena tumbuhan dapat diketahui dengan mengukur besar dan tinggi batang, menimbang massa sel baik berupa berat kering maupun berat basah, menghitung jumlah daun, jumlah bunga, maupun jumlah buahnya.

Selama pertumbuhan, tumbuhan juga mengalami proses diferensiasi, pematangan organ, serta peningkatan menuju kedewasaan. Pada saat itulah tumbuhan mengalami proses yang disebut dengan perkembangan. Perkembangan tidak dapat dinyatakan secara kuantitatif, tetapi dilihat dengan adanya peningkatan menuju kesempurnaan. Pertumbuhan dan perkembangan tersebut berjalan secara simultan (bersama). Salah satu fase atau tahapan dari pertumbuhan dan perkembangan adalah proses perkecambahan.

Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan tanaman pada teknik hidroponik rakit apung ialah penambahan berbagai unsur hara. Unsur hara tersebut diantaranya ialah unsur N, P, dan K. Salah satu upaya untuk memenuhi unsur hara tersebut ialah dengan memanfaatkan limbah industri seperti limbah cair tapioka.

B. Alat dan Bahan Penelitian

1. Bahan

Bahan yang digunakan terdiri atas benih kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.), EM4, nutrisi hidroponik A-B mix, dan limbah cair tapioka.

2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah drigen, *net pot*, *rockwool*, kotak *styrofoam* bekas anggur hitam, pisau *cutter*, *whole solder*, plastik bening ukuran besar, ember, spayer, selang bening kecil, *air stone*, lakban, penggaris, alat tulis, aerator dan Ph meter.

C. Cara Kerja

1. Tahap persiapan

a. Fermentasi limbah cair tapioka : Siapkan limbah cair tapioka dan menampungnya pada wadah besar lalu di fermentasi dengan EM4. Perbandingan pemberian EM4 dengan limbah cair tapioka adalah 1:100 (1%) selama 28 hari. Setelah 28 hari lakukan penyaringan untuk memisahkan antara padatan dan cairan,

b. Penyemaian : Tanam bibit biji kangkung pada media tanam *rockwool*. Setelah 1 – 3 hari setelah tanam jika mayoritas tunas sudah tumbuh, pindahkan ke tempat yang terkena sinar matahari.

2. Menyiapkan media tanam : rakit wadah tanaman dengan metode hidroponik rakit apung.

3. Aplikasi Perlakuan

- a. Masukkan tanaman hasil semaian berumur sekitar 10 hari setelah penyemaian (jika tanaman sudah memiliki 3-4 helai daun). Satu netpot diisi 1 rockwol berisi tanaman kangkung darat
- b. Dosis Perlakuan adalah sebagai berikut :
perlakuan kotrol negatif (K1) 10 liter air tanpa limbah
perlakuan kontrol positif (K2) : 10 liter air dengan tambahan nutrisi AB_mix
perlakuan 1 (K3) $20\% = 2 \text{ L limbah} + 10 \text{ L air}$
perlakuan 2 (K4) $30\% = 3 \text{ L limbah} + 10 \text{ L air}$
perlakuan 3 (K5) $40\% = 4 \text{ L limbah} + 10 \text{ L air}$.
- c. Tambahkan larutan limbah jika larutan berkurang, sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan sampai batas waktu panen yang sudah ditentukan.

4. Pemeliharaan tanaman

- a. Penyiangan Gulma dan lumut yang tumbuh di area wadah penanaman kangkung dan di daerah netpot kangkung
- b. Lakukan perawatan dengan cara pengecekan dan penambahan nutrisi yang teratur. Selain itu penyiangan, penyulaman, serta pengendalian hama dan penyakit.
- c. Lakukan Pengendalian hama/serangga dengan cara pemberian kawat nyamuk/paranet ditiap sisi green house dan atap bening.
- d. Pastikan mesin aerator pada setiap perlakuan tetap berjalan.

5. Batas penelitian

Pemanenan tanaman kangkung dilakukan ketika umur tanaman sudah berumur 3 minggu setelah penyemaian. Lakukan pemanenan kangkung dengan cara mencabut sampai akar. Panen dilakukan pada sore hari.

D. Tabel pengamatan

minggu ke-n	Parameter yang diamati			
	Tinggi tanaman	Lebar daun	Jumlah daun	Berat basah
K1				
K2				
K3				
K4				
K5				

E. Hasil pengamatan

F. Evaluasi

1. Jelaskan pengertian pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman.
2. Bagaimanakah pengaruh pemberian limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan tanaman kangkung?
3. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan!

G. Kesimpulan

LAMPIRAN 5. SILABUS KEGIATAN PEMBELAJARAN

TINGKAT SATUAN PENDIDIKAN : SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

MATA PELAJARAN : BIOLOGI

KELAS / Semester : XII (Duabelas) / I

Alokasi waktu : 10 × 45 menit

STANDAR KOMPETENSI : Melakukan percobaan pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan

Kompetensi Dasar	Kompetensi Sebagai Hasil Belajar	Materi Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.1 Merencanakan percobaan pengaruh luar terhadap pertumbuhan tumbuhan	<ul style="list-style-type: none"> Melengkapi peta konsep Merumuskan pengertian pertumbuhan dan perkembangan Mengumpulkan informasi faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan Menemukan adanya gejala pertumbuhan Merumuskan masalah Merumuskan hipotesis Menyusun variabel penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> Pengertian pertumbuhan dan perkembangan Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada tumbuhan <ol style="list-style-type: none"> Faktor internal Faktor eksternal Menyusun rencana penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> Studi membaca dan diskusi untuk memahami konsep pertumbuhan dan perkembangan serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada tumbuhan Tugas kegiatan 1.1 Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan Diskusi 	<ul style="list-style-type: none"> Menemukan adanya gejala pertumbuhan dan perkembangan Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada tumbuhan Merumuskan masalah berdasarkan gejala pertumbuhan yang ditemukan Merumuskan hipotesis dari rumusan masalah yang sudah dirumuskan Merumuskan variabel penelitian untuk menguji 	<ul style="list-style-type: none"> Jenis tagihan: <ol style="list-style-type: none"> Tugas kelompok penyusunan proposal Presentasi Uji kompetensi tertulis Bentuk instrumen: <ol style="list-style-type: none"> Lembar penilaian proposal Lembar penilaian presentasi Soal uji kompetensi 	6 X 45 menit	<ul style="list-style-type: none"> Buku Biologi kelas XII, Dyah aryulina, Esis Buku kerja siswa IIIA, Ign. Khristiyono, Esis Alat bantu presentasi

1.2 Melaksanakan percobaan pengaruh faktor luar terhadap pertumbuhan tumbuhan	<ul style="list-style-type: none"> Membuat rencana penelitian tertulis Membuat unit-unit penelitian Memberi perlakuan Mengukur kecepatan pertumbuhan Mencatat hasil pengukuran dalam tabel pengamatan Mengolah data hasil pengamatan Menarik kesimpulan berdasarkan data yang diolah Melaporkan hasil penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> Melaksanakan penelitian Teknik menyusun laporan hasil penelitian 	menyusun rencana penelitian <ul style="list-style-type: none"> Presentasi rencana penelitian Pelaksanaan penelitian kelompok di luar jam pelajaran 	hipotesis <ul style="list-style-type: none"> Menyusun unit-unit penelitian Membuat tabel pengamatan Menyusun rencana penelitian tertulis Menyiapkan alat dan bahan Memberikan perlakuan Mengukur hasil dan mencatat dalam tabel pengamatan Menganalisis data hasil pengamatan Menyimpulkan hasil penelitian Menyusun laporan tertulis hasil penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> Jenis tagihan: <ol style="list-style-type: none"> Tugas kelompok laporan hasil penelitian Bentuk instrumen: <ol style="list-style-type: none"> Lembar penilaian hasil penelitian 	0 X 45 menit	<ul style="list-style-type: none"> Buku Biologi kelas XII, Dyah aryulina, Esis Buku kerja siswa IIIA. Ign. Khristiyono . Esis
1.3 Mengkomunikasikan hasil percobaan pengaruh faktor luar terhadap pertumbuhan tumbuhan	<ul style="list-style-type: none"> Menyusun hasil penelitian dalam bentuk laporan tertulis Menyusun laporan penelitian untuk presentasi Mempresentasikan hasil penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> Teknik presentasi 	<ul style="list-style-type: none"> Presentasi laporan hasil penelitian oleh masing-masing kelompok 	<ul style="list-style-type: none"> Mempresentasikan hasil penelitian secara lisan 	<ul style="list-style-type: none"> Jenis tagihan: <ol style="list-style-type: none"> Presentasi Bentuk instrumen <ol style="list-style-type: none"> Lembar penilaian presentasi 	4 X 45 menit	<ul style="list-style-type: none"> Buku Bologi kelas XII, Dyah aryulina. Esis Buku kerja siswa IIIA, Ign. Khristiyono Alat-alat presentasi

